

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-196210

(43)Date of publication of application : 19.07.2001

(51)Int.Cl. H01F 1/06  
 B22F 1/00  
 C22C 38/00  
 H01F 1/053  
 H01F 1/08

(21)Application number : 2000-000926

(71)Applicant : SEIKO EPSON CORP

(22)Date of filing : 06.01.2000

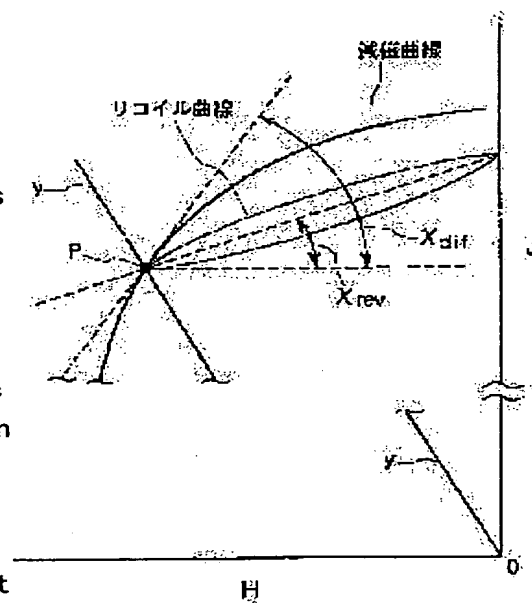
(72)Inventor : ARAI SEI  
 KATO HIROSHI

## (54) MAGNET POWDER AND ISOTROPIC BOND MAGNET

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a magnet having excellent magnetic characteristics and high reliability, in particular, a magnet having an excellent thermal stability.

SOLUTION: A magnet power consists of an alloy composition expressed by  $R_x(\text{Fe}_{1-y}\text{Co}_y)_{100-x-z-w}\text{BzNb}_w$  (wherein R represents at least one kind of rare earth element, x: 7.1 to 9 at.%, y: 0 to 0.30, z: 4.6 to 6.9 at.%, and w: 0.2 to 3.5 at.%), and constituted with a complex composition having a soft magnetic phase and a hard magnetic phase. When the power is mixed with a bonding resin and molded to obtain an isotropic bond magnet, the irreversible magnetic susceptibility ( $\chi_{\text{irr}} = \chi_{\text{dif}} - \chi_{\text{rev}}$  is not more than  $5.0 \times 10^{-7}$  henry/m and the intrinsic coercive force  $H_{\text{cJ}}$  at room temperature is 320 to 730 kA/m in case a measurement is made at a point P, as a starting point, in a demagnetization curve in Fig. J-H showing magnetic characteristics at room temperature, which intersects with a straight line y that passes through the origin in the Fig. J-H and has an inclination (J/H) of  $-3.8 \times 10^{-6}$  henry/m.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

12.11.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the

examiner's decision of rejection or application  
converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of  
rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

**\* NOTICES \***

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

[Claim(s)]

[Claim 1]  $R_x(Fe_{1-y}Co_y)_{100-x-z-w}BzNb_w$  (however, R) At least one sort of rare earth elements, x:7.1 to 9.9 atom %, y:0 to 0.30, z:4.6 to 6.9 atom %, When it consisted of an alloy presentation expressed with w:0.2 – 3.5 atom %, and are the magnet powder which consists of complex tissues which have a soft magnetism phase and a hard magnetism phase, mixes with joint resin, it fabricates and it considers as an isotropic bond magnet, In a demagnetization curve in J-H drawing showing magnetic properties in a room temperature a zero in said J-H drawing A passage, And irreversible susceptibility ( $\chi_{irr}$ ) at the time of measuring an intersection with a straight line whose inclination (J/H) is  $-3.8 \times 10^{-6} H/m$  as a starting point is  $5.0 \times 10^{-7} H/m$  or less. Furthermore, magnet powder which \*\*\*\*\* that proper coercive force  $H_cJ$  in a room temperature is 320 – 720 kA/m.

[Claim 2] Magnet powder according to claim 1 with which a residual magnetic flux density  $B_r$  in a room temperature [T] is satisfied of relation of  $B_r/\rho [ \times 10^{-6} T-m^3/g ] \geq 0.125$  when it mixes with joint resin, it fabricates and it considers as an isotropic bond magnet of density  $\rho [Mg/m^3]$ .

[Claim 3] Magnet powder is magnet powder according to claim 1 or 2 whose absolute value of an irreversible demagnetizing factor (initial demagnetizing factor) is 6.2% or less when it mixes with joint resin, it fabricates and it considers as an isotropic bond magnet.

[Claim 4] Said R is magnet powder according to claim 1 to 3 which is the rare earth elements which are mainly concerned with Nd and/or Pr.

[Claim 5] For said R, the rate is the magnet powder according to claim 1 to 4 it is [ powder ] 5 – 75% to said whole R including Pr.

[Claim 6] For said R, the rate is the magnet powder according to claim 1 to 5 it is [ powder ] 14% or less to said whole R including Dy.

[Claim 7] Magnet powder is magnet powder according to claim 1 to 6 obtained by quenching a molten metal alloy.

[Claim 8] Magnet powder is magnet powder according to claim 1 to 7 which grinds a quenching thin band manufactured using a cooling roller, and is obtained.

[Claim 9] Magnet powder is magnet powder according to claim 1 to 8 with which heat treatment is performed once [ at least ] the manufacture process or after manufacture.

[Claim 10] Magnet powder according to claim 1 to 9 whose mean particle diameter is 0.5–150 micrometers.

[Claim 11] An isotropic bond magnet characterized by coming to join magnet powder according to claim 1 to 10 together by joint resin.

[Claim 12] In a demagnetization curve in J-H drawing which is the isotropic bond magnet which comes to join magnet powder containing Nb together by joint resin, and expresses magnetic properties in a room temperature Irreversible susceptibility ( $\chi_{irr}$ ) at the time of measuring an intersection with a straight line a passage and whose inclination (J/H) are  $-3.8 \times 10^{-6} H/m$  about a zero in said J-H drawing as a starting point is  $5.0 \times 10^{-7} H/m$  or less. Furthermore, an isotropic bond magnet which \*\*\*\*\* that proper coercive force  $H_cJ$  in a room temperature is 320 – 720 kA/m.

[Claim 13] An isotropic bond magnet according to claim 12 with which a residual magnetic flux density  $B_r$  in a room temperature [T] is satisfied of relation of  $B_r/\rho \geq 0.125 [ \times 10^{-6} T-m^3/g ]$  when density of an isotropic bond magnet is set to  $\rho [Mg/m^3]$ .

[Claim 14] Said magnet powder is an isotropic bond magnet according to claim 12 or 13 which is what consists of a R-TM-B-Nb system alloy (however, transition metals which R makes iron as at least one sort of rare earth elements, and TM makes main).

[Claim 15] An isotropic bond magnet according to claim 12 to 14 whose absolute value of an irreversible demagnetizing factor (initial demagnetizing factor) is 6.2% or less.

[Claim 16] Said magnet powder is an isotropic bond magnet according to claim 12 to 15 which is what consists of complex tissues which have a soft magnetism phase and a hard magnetism phase.

[Claim 17] An isotropic bond magnet according to claim 11 to 16 with which multi-electrode magnetization is presented or by which multi-electrode magnetization was carried out.

[Claim 18] An isotropic bond magnet according to claim 11 to 17 used for a motor.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

**Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

**DETAILED DESCRIPTION**

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] This invention relates to magnet powder and an isotropic bond magnet.

[0002]

[Description of the Prior Art] In order to attain the miniaturization of a motor etc., it is desired for the flux density of the magnet at the time of being used for the motor (it sets to a substantial permeance) to be high. The factor which determines the flux density in a bond magnet has the value of magnetization of magnet powder, and the content (content) of the magnet powder in a bond magnet. Therefore, when magnetization of the magnet powder itself is not so high, unless it makes [ many / extremely ] the content of the magnet powder in a bond magnet, sufficient flux density is not obtained.

[0003] By the way, as what is used as current and a highly efficient rare earth bond magnet, the isotropic bond magnet which used the MQP-B powder made from MQI occupies most as rare earth magnet powder. An isotropic bond magnet has the following advantages compared with an anisotropy bond magnet. That is, it is that a manufacture process is easy and a manufacturing cost becomes cheap as a result on the occasion of manufacture of a bond magnet since magnetic field orientation is unnecessary. However, there are the following troubles in the isotropic conventional bond magnet represented by this MQP-B powder.

[0004] 1) The isotropic conventional bond magnet of flux density was inadequate. That is, since magnetization of the magnet powder used is low, the content (content) of the magnet powder in a bond magnet must be raised, but if the content of magnet powder is made high, since the moldability of a bond magnet will worsen, there is a limit. Moreover, even if it makes [ many ] the content of magnet powder by the device of a process condition etc., there is a limit in the flux density obtained too, and, for this reason, the miniaturization of a motor cannot be attained.

[0005] 2) Although the magnet with a high residual magnetic flux density was also reported by the nano composite magnet, coercive force was too small conversely in that case, and the flux density (with permeance at the time of being used actually) practically obtained as a motor was very low. Moreover, since coercive force is small, thermal stability is also inferior.

[0006] 3) The corrosion resistance of a bond magnet and thermal resistance become low. that is, in order to compensate the lowness of the magnetic properties of magnet powder, the content of the magnet powder in a bond magnet must be made [ many ] (that is, densification of the density of a bond magnet is carried out extremely -- \*\*\*\*\*), consequently corrosion resistance and thermal resistance are inferior in a bond magnet, and it becomes what has low reliability.

[0007]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] The object of this invention is to offer the magnet powder and the isotropic bond magnet which can offer the magnet which was excellent in magnetic properties and was excellent in reliability, especially the temperature characteristic.

[0008]

[Means for Solving the Problem] Such an object is attained by this invention of following the (1) - (18).

[0009] (1)  $R_x(Fe_{1-y}Co_y)_{100-x-z}W_{Bz}Nb_w$  (however, R) At least one sort of rare earth elements, x:7.1 to 9.9 atom %, y:0 to 0.30, z:4.6 to 6.9 atom %, When it consisted of an alloy presentation expressed with w:0.2

- 3.5 atom %, and are the magnet powder which consists of complex tissues which have a software magnetism phase and a hard magnetism phase, mixes with joint resin, it fabricates and it considers as an isotropic bond magnet, In a demagnetization curve in J-H drawing showing magnetic properties in a room temperature a zero in said J-H drawing A passage, And irreversible susceptibility ( $\chi_{irr}$ ) at the time of measuring an intersection with a straight line whose inclination (J/H) is  $-3.8 \times 10^{-6} \text{ H/m}$  as a starting point is  $5.0 \times 10^{-7} \text{ H/m}$  or less. Furthermore, magnet powder which \*\*\*\*\* that the proper coercive force  $H_{cJ}$  in a room temperature is 320 – 720 kA/m.

[0010] (2) Magnet powder given in the above (1) whose residual magnetic flux density  $B_r$  in a room temperature [T] satisfies relation of  $B_r/\rho [\times 10^{-6} \text{ T-m}^3/\text{g}] \geq 0.125$  when it mixes with joint resin, it fabricates and it considers as an isotropic bond magnet of density  $\rho [\text{Mg/m}^3]$ .

[0011] (3) Magnet powder is magnet powder the above (1) whose absolute value of an irreversible demagnetizing factor (initial demagnetizing factor) is 6.2% or less when it mixes with joint resin, it fabricates and it considers as an isotropic bond magnet, or given in (2).

[0012] (4) Said R is magnet powder the above (1) which is the rare earth elements which are mainly concerned with Nd and/or Pr thru/or given in either of (3).

[0013] (5) For said R, the rate is the above (1) it is [ above ] 5 – 75% thru/or magnet powder given in either of (4) to said whole R including Pr.

[0014] (6) For said R, the rate is the above (1) it is [ above ] 14% or less thru/or magnet powder given in either of (5) to said whole R including Dy.

[0015] (7) Magnet powder is magnet powder the above (1) obtained by quenching a molten metal alloy thru/or given in either of (6).

[0016] (8) Magnet powder is magnet powder the above (1) which grinds a quenching thin band manufactured using a cooling roller, and is obtained thru/or given in either of (7).

[0017] (9) Magnet powder is the above (1) to which heat treatment is performed once [ at least ] the manufacture process or after manufacture thru/or magnet powder given in either of (8).

[0018] (10) The above (1) whose mean particle diameter is 0.5–150 micrometers thru/or magnet powder given in either of (9).

[0019] (11) An isotropic bond magnet characterized by coming to join the above (1) thru/or magnet powder given in either of (10) together by joint resin.

[0020] (12) In a demagnetization curve in J-H drawing which is the isotropic bond magnet which comes to join magnet powder containing Nb together by joint resin, and expresses magnetic properties in a room temperature Irreversible susceptibility ( $\chi_{irr}$ ) at the time of measuring an intersection with a straight line a passage and whose inclination (J/H) are  $-3.8 \times 10^{-6} \text{ H/m}$  about a zero in said J-H drawing as a starting point is  $5.0 \times 10^{-7} \text{ H/m}$  or less. Furthermore, an isotropic bond magnet which \*\*\*\*\* that the proper coercive force  $H_{cJ}$  in a room temperature is 320 – 720 kA/m.

[0021] (13) An isotropic bond magnet given in the above (12) whose residual magnetic flux density  $B_r$  in a room temperature [T] satisfies relation of  $B_r/\rho \geq 0.125 [\times 10^{-6} \text{ T-m}^3/\text{g}]$  when density of an isotropic bond magnet is set to  $\rho [\text{Mg/m}^3]$ .

[0022] (14) Said magnet powder is an isotropic bond magnet the above (12) which is what consists of a R-TM-B-Nb system alloy (however, transition metals which R makes iron as at least one sort of rare earth elements, and TM makes main), or given in (13).

[0023] (15) The above (12) whose absolute value of an irreversible demagnetizing factor (initial demagnetizing factor) is 6.2% or less thru/or an isotropic bond magnet given in either of (14).

[0024] (16) Said magnet powder is an isotropic bond magnet the above (12) which is what consists of complex tissues which have a software magnetism phase and a hard magnetism phase thru/or given in either of (15).

[0025] (17) The above (11) with which multi-electrode magnetization is presented or by which multi-electrode magnetization was carried out thru/or an isotropic bond magnet given in either of (16).

[0026] (18) The above (11) used for a motor thru/or an isotropic bond magnet given in either of (17).

[0027]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the gestalt of operation of the magnet powder of this invention and an isotropic bond magnet is explained to details.

[0028] In order to attain the miniaturization of a [outline of this invention] motor etc., it has been a technical problem to obtain a magnet with high flux density. Although the factor which determines the flux density in a bond magnet has the value of magnetization of magnet powder, and the content (content) of the magnet powder in a bond magnet, when magnetization of the magnet powder itself is not so high, unless it makes [ many / extremely ] the content of the magnet powder in a bond magnet, sufficient flux density is not obtained.

[0029] As the MQP-B powder made from the above-mentioned MQI which is carrying out current spread was mentioned above, while flux density is inadequate, it is therefore obliged to raise the content of the magnet powder in a bond magnet depending on a use, i.e., densification, on the occasion of manufacture of a bond magnet and reliability is missing in respect of corrosion resistance, thermal resistance, a mechanical strength, etc., since coercive force is high, magnetization nature has the defect of being bad.

[0030] On the other hand, the magnet powder and the isotropic bond magnet of this invention Sufficient flux density and moderate coercive force are acquired, and it is not necessary to raise the content (content) of the magnet powder in a bond magnet so much by this. With consequently, high intensity A bond magnet with the high reliability excellent in a moldability, corrosion resistance, magnetization nature, etc. can be offered, and it can contribute also to the miniaturization of magnet loading devices, such as a motor, greatly by the miniaturization of a bond magnet, and high performance-ization.

[0031] Furthermore, the magnet powder of this invention shall constitute the complex tissue which has a hard magnetism phase and a soft magnetism phase.

[0032] Although it is the single phase organization of a hard magnetism phase, the MQP-B powder made from the above-mentioned MQI has the advantage that total magnetization becomes high since the high soft magnetism phase of magnetization exists, and since recoil permeability becomes high further, even if it once adds a reverse magnetic field, it has the advantage that a subsequent demagnetizing factor is small in such complex tissue.

[0033] the magnet powder of [alloy presentation of magnet powder] this invention consists of an alloy presentation expressed with  $R_x(Fe_{1-y}Co_y)_{100-x-z-w}BzNb_w$  (however, R -- at least one sort of rare earth elements, x:7.1 to 9.9 atom %, y:0 to 0.30, z:4.6 to 6.9 atom %, and w:0.2 to 3.5 atom %).

[0034] as R (rare earth elements), Y, La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, and a misch metal mention -- having -- these -- one sort -- or two or more sorts can be included.

[0035] The content (content) of R is made into 7.1 to 9.9 atom %. Even if coercive force sufficient by under 7.1 atom % is not acquired but R adds Nb, there is little improvement in coercive force. On the other hand, if R exceeds 9.9 atom %, since the potential of magnetization will fall, sufficient flux density is no longer obtained.

[0036] Here, as for R, it is desirable that they are the rare earth elements which are mainly concerned with Nd and/or Pr. The reason is effective [ these rare earth elements ] in order to raise the saturation magnetization of the hard magnetism phase which constitutes complex tissue (especially nano composite organization) and to realize coercive force good as a magnet.

[0037] Moreover, as for R, it is desirable that the percentage is 5 - 75% to the whole R including Pr, and it is more desirable that it is 20 - 60%. It is because coercive force and square shape nature can be raised, without producing most lowering of a residual magnetic flux density as it is this range.

[0038] Moreover, as for R, it is desirable that the percentage is 14% or less to the whole R including Dy. While being able to raise coercive force, without producing remarkable lowering of a residual magnetic flux density as it is this range, it is because improvement in the temperature characteristic (thermal stability) is also attained.

[0039] Co is transition metals which have the same property as Fe. Although Curie temperature becomes high and the temperature characteristic improves by adding this Co (replacing a part of Fe), when the substitute ratio of Co to Fe exceeds 0.30, both coercive force and flux density show the inclination to fall. In 0.05-0.20, since not only the improvement in the temperature characteristic but the flux density itself



improves, the substitute ratio of Co to Fe is still more desirable.

[0040] B (boron) is an element effective in acquiring high magnetic properties, and the content is made into 4.6 to 6.9 atom %. Square shape nature [ in / that B is under 4.6 atom % / a B-H (J-H) loop ] worsens. On the other hand, if B exceeds 6.9 atom %, a nonmagnetic phase will increase and flux density will decrease rapidly.

[0041] Nb is an advantageous element for the improvement in coercive force, and the effect of the improvement in coercive force shows up notably in the range of 0.2 – 3.5 atom % especially. Moreover, in this range, it follows in footsteps of improvement in coercive force, and square shape nature and the maximum magnetic energy product also improve. Furthermore, it becomes good also about thermal resistance and corrosion resistance. However, as mentioned above, such an effect by Nb addition has R dramatically small at under 7.1 atom %. Moreover, if Nb exceeds 3.5 atom %, lowering of magnetization will arise.

[0042] 0.2–3.5 atom % And another important effect by containing is that can make small irreversible susceptibility (chiirr) mentioned later, can improve an irreversible demagnetizing factor further, and magnetic thermal resistance (thermal stability) improves about Nb. Nb has few such effects and improvement in the coercive force mentioned above also has it under at 0.2% atom. [ little ]

[0043] Although the Nb itself is not the new matter, in addition, in this invention In the magnet powder which consists of complex tissues which have a software magnetism phase and a hard magnetism phase as a result of repeating an experiment and research \*\* By making Nb contain in the range of 0.2 – 3.5 atom % The outstanding square shape nature, Irreversible susceptibility (chiirr) which can aim at improvement in coercive force, securing the maximum magnetic energy product and of which \*\* after-mentioned is done can be made small. \*\* \*\* which can aim at the improvement (reduction of an absolute value) of an irreversible demagnetizing factor — find out that four effects that good corrosion resistance can be held are acquired, especially that these effects are acquired simultaneously, and the meaning of this invention is in this point.

[0044] In addition, although the range where Nb content is desirable is 0.2 to 3.5 atom % as mentioned above, as for the upper limit of this range, it is more desirable that it is 3.0 atom %, and it is still more desirable that it is 2.5 atom %.

[0045] Moreover, in the alloy which constitutes magnet powder from an object of raising magnetic properties further, at least one sort of elements chosen from the group (this group is expressed with “Q” below) which consists of aluminum, Cu, Si, Ga, Ti, V, Ta, Zr, Mo, Hf, Ag, Zn, P, germanium, Cr, and W can also be contained if needed. When it contains the element belonging to Q, it is desirable that it is below 2 atom %, as for the content, it is more desirable that it is 0.1 to 1.5 atom %, and it is still more desirable that it is 0.2 to 1.0 atom %.

[0046] Content of the element belonging to Q demonstrates the effect of the proper according to the class. For example, aluminum, Cu, Si, Ga, V, Ta, Zr, and Cr are effective in raising corrosion resistance.

[0047] [Complex tissue] The magnet material serves as complex tissue which has a software magnetism phase and a hard magnetism phase again.

[0048] This complex tissue (nano composite organization) exists by the pattern (model) as the software magnetism phase 10 and the hard magnetism phase 11 show to drawing 1 , drawing 2 , or drawing 3 , and the thickness and particle size of each phase exist on nano meter level (for example, 1–100nm). And the software magnetism phase 10 and the hard magnetism phase 11 adjoin each other, and a magnetic exchange interaction is produced. In addition, the pattern shown in drawing 1 – drawing 3 is an example, it is not restricted to these and the software magnetism phase 10 and the hard magnetism phase 11 may become reverse in the pattern shown in drawing 2 .

[0049] Since magnetization of a software magnetism phase changes the sense easily according to an operation of an external magnetic field, if it is intermingled in a hard magnetism phase, the magnetization curve of the whole system will turn into a “snake die-bending line” which has a stage by the second \*\*\*\* of B-H drawing. However, when the size of a software magnetism phase is sufficiently as small as several 10nm or less, magnetization of the software magnetic substance is restrained sufficiently strongly by

association with magnetization of the surrounding hard magnetic substance, and the whole system comes to act as the hard magnetic substance.

[0050] The magnet with such complex tissue (nano composite organization) mainly has the next features 1-5.

[0051] 1) By the second \*\*\*\* of B-H drawing (J-H drawing), magnetization carries out springback reversibly (it is also called a "spring magnet" in this semantics).

2) Magnetization nature is good and can magnetize in a comparatively low magnetic field.

3) Compared with the case where the temperature dependence of magnetic properties is hard magnetism phase independent, it is small.

4) Aging of magnetic properties is small.

5) Even if it pulverizes, magnetic properties do not deteriorate.

[0052] In the alloy presentation mentioned above, a hard magnetism phase and a soft magnetism phase serve as the following, for example.

[0053] Hard magnetism phase: An R2TM14B system (however, TM, Fe, or Fe and Co) or an R2 (TM, Nb)14B system (or an R2 (TM, Q)14B system, an R2 (TM, Nb, Q)14B system)

Soft magnetism phase: TM (especially  $\alpha$ -Fe,  $\alpha$ -(Fe, Co)) or the alloy phase of TM and Nb, the compound phase of TM and B, the compound phase (or phase containing such Q) of TM, and B and Nb

[0054] As for the magnet powder of [manufacture of magnet powder] this invention, it is desirable to be manufactured by quenching a molten metal alloy, and it is desirable to grind the quenching thin band (ribbon) which quenched, solidified the molten metal of an alloy and was obtained especially, and to be manufactured. Hereafter, an example of the method is explained.

[0055] The perspective diagram showing the example of a configuration of the equipment (quenching thin band manufacturing installation) which manufactures a magnet material with the quenching method with which the single roll was used for drawing 4, and drawing 5 are the cross-section side elevations showing the condition near the collision part to the cooling roller of the molten metal in the equipment shown in drawing 4.

[0056] As shown in drawing 4, the quenching thin band manufacturing installation 1 is equipped with the barrel 2 which can contain a magnet material, and the cooling roller 5 which rotates in the direction of drawing Nakaya mark 9A to this barrel 2. The nozzle (orifice) 3 which injects the molten metal of a magnet material (alloy) is formed in the soffit of a barrel 2.

[0057] Moreover, by arranging the coil 4 for heating at an about three nozzle [ of a barrel 2 ] periphery, and impressing a RF to this coil 4, the inside of a barrel 2 is heated (induction heating), and the magnet material in a barrel 2 is changed into a melting condition.

[0058] The cooling roller 5 consists of a base 51 and a surface layer 52 which forms the peripheral surface 53 of a cooling roller 5.

[0059] The component of a base 51 may consist of construction material which may really consist of same construction material as a surface layer 52, and is different in a surface layer 52.

[0060] Although especially the component of a base 51 is not limited, it is desirable to consist of metallic materials with high thermal conductivity like copper or a copper system alloy so that the heat of a surface layer 52 can be radiated more quickly.

[0061] Moreover, a surface layer 52 has thermal conductivity equivalent to a base 51, or it is desirable to consist of materials lower than a base 51. As an example of a surface layer 52, a metal thin layer or metallic-oxide layers, such as Cr, and the ceramics are mentioned.

[0062] As ceramics, the ceramics of carbide systems, such as nitride system ceramics, such as oxide system ceramics, such as aluminum 2O3, SiO2 and TiO2, Ti2O3, ZrO2, Y2O3, barium titanate, and strontium titanate, AlN, Si3N4, and TiN, BN, graphite, SiC and ZrC, aluminum4C3, and CaC2, WC, or the compound ceramics which combined two or more [ of these ] with arbitration is mentioned, for example.

[0063] Such a quenching thin band manufacturing installation 1 is installed in a chamber (not shown), and operates in the condition of having filled up with inert gas or other controlled atmospheres preferably in this chamber. In order to prevent oxidation of the quenching thin band 8 especially, as for a controlled

atmosphere, it is desirable that it is inert gas, such as for example, argon gas, gaseous helium, and nitrogen gas.

[0064] When magnet ingredients (alloy) are paid in a barrel 2, and it heats with a coil 4, it fuses in the quenching thin band manufacturing installation 1 and the regurgitation of the molten metal 6 is carried out from a nozzle 3, as shown in drawing 5, a molten metal 6 After colliding with the peripheral surface 53 of a cooling roller 5 and forming a paddle (cold slug well) 7, it is cooled quickly, and solidifies, being dragged by the peripheral surface 53 of the rotating cooling roller 5, and the quenching thin band 8 is formed continuously or intermittently. Thus, soon, the roll side 81 separates from a peripheral surface 53, and the formed quenching thin band 8 runs in the direction of arrow head 9B in drawing 4. In addition, a dotted line shows the coagulation interface 71 of a molten metal among drawing 5.

[0065] Although the suitable range changes with wettability to the presentation of an alloy molten metal, and the molten metal 6 of a peripheral surface 53 etc., because of the improvement in magnetic properties, as for the peripheral velocity of a cooling roller 5, it is desirable that it is 1–60m/second, and it is usually more desirable that it is 5–40m/second. The inclination for the diameter of crystal grain to increase is shown, and if the peripheral velocity of a cooling roller 5 is too quick conversely, even if most will serve as an amorphous organization and it will add heat treatment after that in any case, it becomes impossible for thickness  $t$  of the quenching thin band 8 to become thick depending on the volumetric flow rate (volume of the molten metal breathed out by per unit time amount) of the quenching thin band 8, if the peripheral velocity of a cooling roller 5 is too slow, and to desire improvement in magnetic properties.

[0066] In addition, to the obtained quenching thin band 8, heat treatment can also be performed once [at least], for example for acceleration of recrystallization of an amorphous organization, and homogenization of an organization. As conditions for this heat treatment, it is 400–900 degrees C, and is about 0.5 – 300 minutes, for example.

[0067] Moreover, in order to prevent oxidation, as for this heat treatment, it is desirable to carry out in a non-oxidizing atmosphere like [under a vacuum or a reduced pressure condition (for example,  $1 \times 10^{-1}$  –  $1 \times 10^{-6}$  Torr) or in inert gas, such as nitrogen gas, argon gas, and gaseous helium,].

[0068] The quenching thin band (thin band-like magnet material) 8 obtained by the above manufacture methods serves as a fine crystal organization or an organization where a fine crystal is contained during an amorphous organization, and outstanding magnetic properties are acquired. And the magnet powder of this invention is obtained by grinding this quenching thin band 8.

[0069] Especially the method of grinding is not limited, for example, can be performed using various grinding equipments, such as a ball mill, a vibration mill, a jet mill, and a pin mill, and shredding equipment. In this case, grinding can also be performed in a non-oxidizing atmosphere like [under a vacuum or a reduced pressure condition (for example,  $1 \times 10^{-1}$  –  $1 \times 10^{-6}$  Torr) or in inert gas, such as nitrogen gas argon gas, and gaseous helium,], in order to prevent oxidation.

[0070] Although especially the mean particle diameter of magnet powder is not limited, in the case of the thing for manufacturing the isotropic bond magnet mentioned later, in consideration of antioxidizing of magnet powder, and prevention of the magnetic-properties deterioration by grinding, its about 0.5–150 micrometers are desirable, its about 0.5–80 micrometers are more desirable, and its about 1–50 micrometers are still more desirable.

[0071] Moreover, in order to obtain the better moldability at the time of shaping of a bond magnet, the particle size distribution of magnet powder has that desirable which is distributed to some extent (there is variation). When the void content of the obtained bond magnet can be reduced by this, consequently the content of the magnet powder in a bond magnet is made the same, the density and the mechanical strength of a bond magnet can be raised more, and magnetic properties can be improved further.

[0072] In addition, to the obtained magnet powder, it can also heat-treat for the purpose of clearance of the effect of the strain introduced by grinding, and control of the diameter of crystal grain, for example. As conditions for this heat treatment, it is 350–850 degrees C, and is about 0.5 – 300 minutes, for example.

[0073] Moreover, in order to prevent oxidation, as for this heat treatment, it is desirable to carry out in a non-oxidizing atmosphere like [under a vacuum or a reduced pressure condition (for example,  $1 \times 10^{-1}$  –

1x10<sup>-6</sup>Torr) or in inert gas, such as nitrogen gas, argon gas, and gaseous helium, ].

[0074] When a bond magnet is manufactured using the above magnet powder, such magnet powder has good affinity (wettability of joint resin) with joint resin, therefore this bond magnet has a high mechanical strength, and it becomes the thing excellent in thermal stability (thermal resistance) and corrosion resistance. Therefore, the magnet powder concerned fits manufacture of a bond magnet.

[0075] In addition, above, as a quenching method, although the single rolling method was explained to the example, the congruence rolling method may be adopted. moreover — in addition, the atomizing method like for example, gas atomization, a revolution disc method, the melt extra cushion method, and mechanical alloying (MA) — you may manufacture by law etc. Since such a quenching method can make a metal texture (crystal grain) detailed, it is effective in raising the magnet property of a bond magnet, especially coercive force, etc.

[0076] [A bond magnet and its manufacture], next the isotropic bond magnet (only henceforth a “bond magnet”) of this invention are explained.

[0077] The bond magnet of this invention comes to join the above-mentioned magnet powder together by joint resin preferably.

[0078] As joint resin (binder), any of thermoplastics and thermosetting resin are sufficient.

[0079] As thermoplastics, for example A polyamide (example: nylon 6, Nylon 46, Nylon 66, Nylon 610, Nylon 612, Nylon 11, Nylon 12, Nylon 612, nylon 6 -66), Liquid crystal polymers, such as thermoplastic polyimide and aromatic polyester, polyphenylene oxide, Polyolefines, such as polyphenylene sulfide, polyethylene, polypropylene, and an ethylene-vinylacetate copolymer, Denaturation polyolefine, a polycarbonate, polymethylmethacrylate, Polyester, such as polyethylene terephthalate and polybutylene terephthalate, The copolymer which is mainly concerned with these, a blend object, a polymer alloy, etc. are mentioned, and a polyether, a polyether ether ketone, polyether imide, polyacetal, etc. can mix and use 1 of sorts of these, and two sorts or more.

[0080] Also among these, especially the moldability is excellent, and since the mechanical strength is high, that which is mainly concerned with a liquid crystal polymer and polyphenylene sulfide from the point of a polyamide and heat-resistant improvement is desirable. Moreover, these thermoplastics is excellent also in kneading nature with magnet powder.

[0081] Such thermoplastics has the advantage that selection wide range like what thought the moldability as important, and the thing which thought thermal resistance and a mechanical strength as important is attained by the class, copolymerization-ization, etc.

[0082] On the other hand, as thermosetting resin, various epoxy resins, such as a bisphenol mold, a novolak mold, and a naphthalene system, phenol resin, a urea resin, melamine resin, polyester (unsaturated polyester) resin, polyimide resin, silicone resin, polyurethane resin, etc. are mentioned, and 1 of sorts of these and two sorts or more can be mixed and used, for example.

[0083] From the point of especially the moldability being excellent also among these, and a mechanical strength being high and excelling in thermal resistance, an epoxy resin, phenol resin, polyimide resin, and silicone resin are desirable, and especially an epoxy resin is desirable. Moreover, these thermosetting resin is excellent also in kneading nature with magnet powder, and the homogeneity of kneading.

[0084] In addition, the thing of a solid [ thing / liquefied ] (powdered) is sufficient as the thermosetting resin (un-hardening) used at a room temperature.

[0085] Such a bond magnet of this invention is manufactured as follows, for example. Magnet powder, joint resin, and the need are accepted, and additives (an anti-oxidant, lubricant, etc.) are mixed, it kneads (for example, kneading between \*\*), the constituent for bond magnets (compound) is manufactured, and it fabricates in a desired magnet configuration all over a non-magnetic field using this constituent for bond magnets by the shaping methods, such as compression molding (press forming), extrusion molding, and injection molding. When joint resin is thermosetting resin, it is hardened with heating etc. after shaping.

[0086] Here, by these shaping methods, although there is an advantage, like whenever [ configuration option ] is large among said three sorts of shaping methods as for extrusion molding and injection molding (especially injection molding), and productivity is high, since fluidity with the compound sufficient in order to

obtain a good moldability in a making machine must be secured, compared with compression molding, densification of making [ many ] the content of magnet powder, i.e., the bond magnet, cannot be carried out. However, in this invention, since high flux density is obtained, therefore the magnetic properties which were excellent even if it did not carry out densification of the bond magnet are acquired so that it may mention later, the advantage is enjoyable also to the bond magnet manufactured by extrusion molding and injection molding.

[0087] Especially the content (content) of the magnet powder in a bond magnet is not limited, but is usually determined in consideration of coexistence with the shaping method, and a moldability and high magnetic properties. It is desirable that it is about 75–99.5wt%, and, specifically, it is more desirable that it is about 85–97.5wt%.

[0088] Although the bond magnet was especially manufactured by compression molding, as for the content of magnet powder, to a case, it is desirable that it is about 90–99.5wt%, and it is more desirable to it that it is about 93–98.5wt%.

[0089] Moreover, although the bond magnet was manufactured by extrusion molding or injection molding, as for the content of magnet powder, to a case, it is desirable that it is about 75–98wt%, and it is more desirable to it that it is about 85–97wt%.

[0090] The density  $\rho$  of a bond magnet is determined by factors, such as specific gravity of the magnet powder contained in it, a content of magnet powder, and a void content. In the bond magnet of this invention, although especially the density  $\rho$  is not limited, it is desirable that it is about three 5.3 – 6.6 Mg/m, and it is more desirable that it is about three 5.5 – 6.4 Mg/m.

[0091] Since the flux density of magnet powder and coercive force are large, even when it fabricates to a bond magnet in this invention, and there are many contents of magnet powder and there are [ not to mention ] comparatively few contents, by it, outstanding magnetic properties (especially high maximum magnetic energy (product BH) max) are acquired.

[0092] the configuration of the bond magnet of this invention, especially a size, etc. are limited -- not having -- for example, a configuration -- being related -- cylindrical and a prismatic form -- the thing of all configurations, such as cylindrical (the shape of a ring), circular, plate-like, and bow tabular, is possible, and the thing of all magnitude is possible also for the magnitude from a large-sized thing to a micro thing. It is as stating frequently in this description that it is especially advantageous to the magnet miniaturized and microminiaturized.

[0093] Since it is such, as for the bond magnet of this invention, it is desirable that multi-electrode magnetization is presented or multi-electrode magnetization is carried out.

[0094] In the demagnetization curve in J-H drawing (drawing which took magnetization (J) along the axis of ordinate, and took the magnetic field (H) along the horizontal axis) where the above bond magnets of this invention express the magnetic properties in a room temperature The irreversible susceptibility ( $\chi_{irr}$ ) at the time of measuring an intersection with the straight line a passage and whose inclination (J/H) are –  $3.8 \times 10^{-6}$  H/m about the zero in J-H drawing as a starting point is  $5.0 \times 10^{-7}$  H/m or less. Furthermore, it has the magnetic properties (magnetic engine performance) that the proper coercive force ( $H_cJ$ ) in a room temperature is 320 – 720 kA/m. Hereafter, sequential explanation is given about the relation between irreversible susceptibility ( $\chi_{irr}$ ), proper coercive force ( $H_cJ$ ) and a residual magnetic flux density ( $B_r$ ), and density ( $\rho$ ).

[0095] With [irreversible susceptibility] irreversible susceptibility ( $\chi_{irr}$ ) As shown in drawing 6, in the demagnetization curve in J-H drawing, the inclination of the tangent of the demagnetization curve concerned in a certain point P is made into differential susceptibility ( $\chi_{dif}$ ). When the inclination (slope of a line which connects the ends of a recoiling curve) of the recoiling curve concerned at the time of once reducing the magnitude of a demagnetizing field from said point P, and making a recoiling curve draw is made into reversible susceptibility ( $\chi_{rev}$ ), what is expressed with a degree type (unit: a henry/m) is said.

[0096] Irreversible susceptibility ( $\chi_{irr}$ ) = differential susceptibility ( $\chi_{dif}$ ) – reversible susceptibility ( $\chi_{rev}$ ) In addition, in this invention, the intersection with the straight line y a passage and whose inclination (J/H) are  $-3.8 \times 10^{-6}$  H/m about the zero in J-H drawing was made into said point P in the demagnetization

curve in J-H drawing.

[0097] In this invention, the reason for having defined the upper limit of the irreversible susceptibility ( $\chi_{irr}$ ) in a room temperature in  $5.0 \times 10^{-7} \text{ H/m}$  is as follows.

[0098] As mentioned above, since irreversible susceptibility ( $\chi_{irr}$ ) is what shows the rate of change over the magnetic field of the magnetization which does not return even if it decreases that absolute value once it applies a demagnetizing field, it can aim at improvement in the thermal stability of a bond magnet, especially reduction of the absolute value of an irreversible demagnetizing factor by holding down this irreversible susceptibility ( $\chi_{irr}$ ) to a to some extent small value. In the range of the irreversible susceptibility ( $\chi_{irr}$ ) in this invention, the absolute value becomes about 5% or less, and, as for the irreversible demagnetizing factor when returning a bond magnet to a room temperature after leaving it under the environment of for example, 100 degree-Cx 1 hour, it is actually acquired, thermal resistance, i.e., thermal stability, sufficient practically (setting especially to the activity of a motor etc.).

[0099] On the other hand, if irreversible susceptibility ( $\chi_{irr}$ ) exceeds  $m$  in  $5.0 \times 10^{-7} \text{ H/m}$ , the absolute value of an irreversible demagnetizing factor will increase and sufficient thermal stability will not be acquired. Moreover, since square shape nature worsens while proper coercive force becomes low, in the actual activity of a bond magnet, it will be restricted to an activity for the use [like] to which a permeance coefficient ( $P_c$ ) becomes large (for example,  $P_c \geq 5$ ). Moreover, lowering of coercive force also becomes bringing about lowering of thermal stability.

[0100] Although the reason for having defined the irreversible susceptibility ( $\chi_{irr}$ ) in a room temperature in  $5.0 \times 10^{-7} \text{ H/m}$  or less is as above, the smallest possible value is desirable, therefore as for irreversible susceptibility ( $\chi_{irr}$ ), it is more desirable that irreversible susceptibility ( $\chi_{irr}$ ) is  $4.5 \times 10^{-7} \text{ H/m}$  or less in this invention, and it is still more desirable that it is  $4.0 \times 10^{-7} \text{ H/m}$  or less.

[0101] The proper coercive force ( $H_cJ$ ) in the room temperature of a [proper coercive force] bond magnet is 320 – 720 kA/m. Especially, 400 – 640 kA/m is more desirable.

[0102] If proper coercive force ( $H_cJ$ ) exceeds said upper limit, magnetization nature will be inferior and sufficient flux density will not be obtained.

[0103] Demagnetization when a reverse magnetic field, on the other hand, starts that proper coercive force ( $H_cJ$ ) is said under lower limit depending on the use of a motor becomes remarkable, and hot thermal resistance is inferior. Therefore, even when carrying out multi-electrode magnetization etc. to a bond magnet (especially cylindrical magnet) by making proper coercive force ( $H_cJ$ ) into the above-mentioned range and sufficient magnetization magnetic field is not obtained, good magnetization is attained, sufficient flux density is obtained, and a highly efficient bond magnet, especially the bond magnet for motors can be offered.

[0104] It is desirable to satisfy the relation of the following type (I) between the [relation between residual magnetic flux density  $B_r$  and density  $\rho$ ] residual magnetic flux density  $B_r$  (T) and density  $\rho$  (Mg/m<sup>3</sup>).

[0105]

$$0.125 \leq B_r/\rho \text{ [} \times 10^{-6} \text{ T-m}^3/\text{g]} \dots \text{(I)}$$

Moreover, it is more desirable to satisfy a formula (II) instead of a formula (I), and it is still more desirable to satisfy a formula (III).

[0106]

$$0.128 \leq B_r/\rho \text{ [} \times 10^{-6} \text{ T-m}^3/\text{g]} \leq 0.16 \dots \text{(II)}$$

$$0.13 \leq B_r/\rho \text{ [} \times 10^{-6} \text{ T-m}^3/\text{g]} \leq 0.155 \dots \text{(III)}$$

Unless magnetic density is that the value of  $B_r/\rho$  [ $\times 10^{-6} \text{ T-m}^3/\text{g}$ ] is under a lower limit in said formula highly (i.e., if the content (content) of magnet powder is not made high), sufficient flux density is not obtained. In such a case, the problem of lowering of the moldability by constraint of the shaping method, a raise in cost, and reduction of joint resin is caused. Moreover, in order to obtain fixed flux density, volume will increase, and the miniaturization of a device becomes difficult.

[0107] As for the bond magnet of this invention, it is still more desirable to satisfy the conditions described below about the maximum magnetic energy product and an irreversible demagnetizing factor.

[0108] The [maximum magnetic energy (product  $BH$ ) max] maximum magnetic energy product ( $BH$ ) It is

desirable that they are three or more 60 kJ/m, as for max, it is more desirable that they are three or more 65 kJ/m, and it is still more desirable that it is 70 – 130 kJ/m<sup>3</sup>. The maximum magnetic energy product (BH) When it uses that max is less than three 60 kJ/m for motors, sufficient torque is not acquired depending on the class and structure.

[0109] It is desirable that it is 6.2% or less, as for the absolute value of a [irreversible demagnetizing-factor] irreversible demagnetizing factor (initial demagnetizing factor), it is more desirable that it is 5% or less, and it is still more desirable that it is 4% or less. Thereby, the bond magnet excellent in thermal stability (thermal resistance) is obtained.

[0110]

[Example] Hereafter, the concrete example of this invention is explained.

[0111] (Example 1) The magnet powder (seven sorts of magnet powder to which the Nb content w was changed variously) by which an alloy presentation is expressed with a method which is described below by 8.7(Nd0.7Pr0.25Dy0.05) Fe<sub>8.7</sub>B<sub>5.6</sub>Nb<sub>w</sub> was obtained.

[0112] First, weighing capacity of each raw material of Nd, Pr, Dy, Fe, Co, B, and Nb was carried out, the hardener ingot was cast, and about 15g sample was started from this ingot.

[0113] The quenching thin band manufacturing installation 1 of a configuration of being shown in drawing 4 and drawing 5 was prepared, and said sample was put in in the quartz tube which formed the nozzle (circular-hole orifice: orifice diameter of 0.55mm) 3 in the pars basilaris ossis occipitalis. After deaerating the inside of the chamber by which the quenching thin band manufacturing installation 1 is contained, inert gas (argon gas) was introduced and it considered as a desired temperature and the ambient atmosphere of a pressure.

[0114] What formed the surface layer 52 with a thickness of about 5 micrometers it is thin on the periphery of the copper base 51 from WC as a cooling roller 5 (diameter of 200mm) was used.

[0115] Then, the ingot sample in a quartz tube was dissolved by high-frequency induction heating, further, the injection pressure (differential pressure of the internal pressure of a quartz tube and ambient pressure) of a molten metal and the peripheral velocity of a cooling roller were adjusted, and the quenching thin band was produced.

[0116] After carrying out coarse grinding of the obtained quenching thin band, heat treatment for 710 degree-Cx 300 seconds was performed in the argon gas ambient atmosphere, and magnet powder was obtained.

[0117] Next, for grain refining, the grinder (RAIKAI machine) was used further, and this magnet powder was ground in argon gas, and was used as magnet powder with a mean particle diameter of 60 micrometers.

[0118] About each obtained magnet powder, in order to analyze the phase configuration, the X diffraction was performed at 20 degrees – 60 degrees of angle of diffractions using Cu-K $\alpha$ . The diffraction peak of the R2 (Fe-Co)<sub>14</sub>B type phase which is a hard magnetism phase, and  $\alpha$ -(Fe, Co) type phase which is a soft magnetism phase could be checked from the diffraction pattern, and forming complex tissue (nano composite organization) was checked by each from the observation result by the transmission electron microscope (TEM).

[0119] as a small amount of hydrazine system anti-oxidant and lubricant to this magnet powder as [ polyamide resin (Nylon 12) ] -- mixing -- these -- 225degree-Cx -- for 15 minutes, it kneaded and the constituent for bond magnets (compound) was produced. At this time, the rate of a compounding ratio (weight ratio) of magnet powder and polyamide resin (Nylon 12) was made into the value almost equal about each bond magnet. That is, the content (content) of the magnet powder in each bond magnet was about 97 wt(s)%.

[0120] Subsequently, this compound was ground, it presupposed that it is granular, and weighing capacity of this granular object was carried out, it was filled up in the metal mold of press equipment, compression molding (inside of a non-magnetic field) was carried out by the temperature of 210 degrees C, and pressure 800MPa, and the isotropic bond magnet of the shape of a cylinder with a diameter [ of 10mm ] x height of 7mm was obtained. the density rho of each bond magnet -- Archimedes -- it measured by law. The result was shown in a table 1.

[0121] About <assessment of magnetic-properties and irreversible susceptibility> each bond magnet, after giving pulse magnetization by magnetic-field-intensity 3.2 MA/m, magnetic properties (a residual magnetic flux density Br, the proper coercive force HcJ, maximum magnetic energy (product BH) max) were measured by maximum impression magnetic field 2.0 MA/m with the account fluxmeter of \*\*\*\*\* (the Toei Industry make, TRF-5BH). The temperature at the time of measurement was 23 degrees C (room temperature).

[0122] the demagnetization curve of J-H drawing obtained as shown in drawing 7 -- setting -- a zero -- a passage -- an inclination (J/H) -- the intersection P with the straight line which is  $3.8 \times 10^{-6} \text{ H/m}$  was made into the starting point, once it changed the magnetic field from here to 0, it had returned again and the recoiling curve was drawn, and it asked for the inclination (slope of a line which connects the ends of a recoiling curve) of this recoiling curve as reversible susceptibility (chirev). Moreover, it asked for the inclination of the tangent of the demagnetization curve in said intersection P as differential susceptibility (chidif). It asked for the irreversible susceptibility (chiirr) in a room temperature as  $\chi_{irr} = \chi_{dif} - \chi_{rev}$ . These results are shown in the following table 1.

[0123] <heat-resistant assessment>, next the thermal resistance (thermal stability) of each of said bond magnet (a diameter [ of 10mm ] x height of 7mm -- cylindrical) were investigated. This thermal resistance measured and evaluated the irreversible demagnetizing factor at the time of returning to a room temperature (initial demagnetizing factor), after holding the bond magnet under the environment of 100 degree-Cx 1 hour. The result is shown in the following table 1. It excels in thermal resistance (thermal stability), so that the absolute value of an irreversible demagnetizing factor (initial demagnetizing factor) is small.

[0124]

[A table 1]

サンプル No.	w	$\rho$ ( $\text{Mg/m}^3$ )	Br (T)	HcJ ( $\text{kA/m}$ )	(BH) <sub>max</sub> ( $\text{kJ/m}^3$ )	Br/ $\rho$ ( $\times 10^{-6} \text{ T} \cdot \text{m}^3/\text{g}$ )	$\chi_{irr}$ ( $\times 10^{-7} \text{ H/m}$ )	不可逆減磁率 (%)
1(比較例)	0.1	6.27	0.83	345	75.6	0.132	7.5	-6.5
2(本発明)	0.2	6.26	0.87	415	104.8	0.139	4.8	-4.7
3(本発明)	0.5	6.32	0.90	478	113.2	0.142	3.7	-4.0
4(本発明)	1.2	6.29	0.92	496	115.9	0.146	3.2	-3.6
5(本発明)	2.5	6.30	0.90	530	112.0	0.143	3.0	-3.2
6(本発明)	3.3	6.33	0.81	561	102.7	0.128	2.7	-2.7
7(比較例)	3.6	6.31	0.76	553	79.1	0.120	3.3	-3.5

[0125] As shown in the <comprehensive assessment> table 1, the Nb content w in magnet powder is 0.2 to 3.5 atom %. Irreversible susceptibility (chiirr) the isotropy bond magnet (No.2-No.6) of  $5.0 \times 10^{-7} \text{ H/m}$  or less It has the magnetic properties (a residual magnetic flux density, proper coercive force, the maximum magnetic energy product) which were excellent in all, since the absolute value of an irreversible demagnetizing factor is also small, thermal resistance (thermal stability) is high, and magnetization nature is also still better.

[0126] Since it is above, according to this invention, it is highly efficient and a reliable (especially thermal resistance) bond magnet can be offered. When a bond magnet is especially used as a motor, the high engine performance is demonstrated.

[0127] (Example 2) The magnet powder by which an alloy presentation is expressed with 8.9(Nd0.75Pr0.20Dy0.05) FeBaCo6.9B5.5Nb1.5 was obtained like the example 1.

[0128] as a small amount of hydrazine system anti-oxidant and lubricant to the obtained magnet powder as [ polyamide resin (Nylon 12) ] -- mixing -- these -- 200-230degree-Cx -- for 15 minutes, it kneaded and the constituent for bond magnets (compound) was produced. At this time, various contents (content) of the magnet powder in a bond magnet were changed, and seven kinds of compounds were obtained.

[0129] in this way, the thing pressed all over a non-magnetic field among the obtained compounds after [ what / has comparatively many contents of magnet powder ] grinding and being granular -- moreover, about what has the comparatively few content of magnet powder, after grinding and being granular, it considered as the bond magnet by injection molding all over a non-magnetic field.



[0130] in addition, the size of a bond magnet — each — a diameter [ of 10mm ] x height of 7mm — it was presupposed that it is cylindrical.

[0131] Compression molding was filled up with the granular object in the metal mold of press equipment, and performed it by the temperature of 210–220 degrees C, and pressure 800MPa. Injection molding fabricated the die temperature at the time of shaping by considering as 230–280 degrees C in 90 degrees C and the temperature in a injection cylinder.

[0132] Thus, about each obtained bond magnet, measurement of magnetic properties and a heat-resistant trial were performed like the example 1. These results are shown in a table 2.

[0133]

[A table 2]

[0134] While crossing the bond magnet of this invention to the range where density  $\rho$  is large and having outstanding magnetic properties (a residual magnetic flux density  $B_r$ , maximum magnetic energy (product  $BH$ ) max, and coercive force  $H_{cJ}$ ), an irreversible demagnetizing factor is small and it excels also in thermal stability (thermal resistance), so that clearly from the <comprehensive assessment> table 2.

[0135] Although especially the bond magnet of this invention has the magnetic properties which were excellent in the case of the bond magnet of low density which is obtained by injection molding (when there are few contents of magnet powder), it is presumed that this is for the following reasons.

[0136] If there are many contents of low density, i.e., joint resin, the fluidity of the compound at the time of kneading and shaping will become high. Therefore, it becomes possible to knead magnet powder and joint resin in low temperature and a short time comparatively, and these equalization at the time of kneading can be attained easily. Moreover, if the fluidity of a compound is high, it will become possible to also perform shaping comparatively simple in low temperature and a short time. That is, a process condition can be eased. Consequently, at the time of kneading, deterioration (oxidation etc.) of the magnet powder at the time of shaping can be suppressed to the minimum, therefore, the bond magnet of high magnetic properties is obtained and a moldability also improves.

[0137] Moreover, if the fluidity of a compound is high, the void content of the bond magnet obtained can be made low, and, therefore, magnetic properties will also improve with improvement in a mechanical strength.

[0138] (Example 3) Using each magnet powder obtained in the example 1, like the example 1, the isotropic bond magnet [ being cylindrical (the shape of a ring) ] with an outer-diameter [ of 22mm ] x bore [ of 20mm ] x height of 4mm was manufactured, and multi-electrode magnetization of each obtained bond magnet was carried out on the eight poles. The current value passed in a magnetization coil in the case of magnetization was set to 16kA.

[0139] In addition, at this time, the magnitude of the magnetization magnetic field taken to attain 90% of rates of magnetization was comparatively small, and, therefore, magnetization nature was good.

[0140] Thus, the spindle motor for CD-ROM was assembled, using each magnetized bond magnet as a Rota magnet.

[0141] In each spindle motor for CD-ROM, the reverse electromotive voltage generated in the coil coil when rotating Rota by 1000rpm was measured. Consequently, as for each motor using the bond magnet of sample No.2–No.6 (this invention), more than 0.96V and a value high 20% or more were acquired to the voltage of the motor using the bond magnet of sample No.1 and No.7 (all are the examples of a comparison) having been less than [ 0.80V ].

[0142] Consequently, when the bond magnet of this invention was used, it was checked that the motor of high performance can be manufactured.

[0143] Except having manufactured the bond magnet by extrusion molding (content of the magnet powder in a bond magnet: 92 – 95wt%), when the bond magnet and motor of this invention were manufactured like the above-mentioned examples 1–3 and the performance evaluation was performed, the same result as the above was obtained.

[0144] Except having manufactured the bond magnet with injection molding (content of the magnet powder in a bond magnet: 90 – 93wt%), when the bond magnet and motor of this invention were manufactured like the above-mentioned examples 1–3 and the performance evaluation was performed, the same result as the above was obtained.

[0145]

[Effect of the Invention] According to this invention, the following effects are acquired as stated above.

[0146] – By having the complex tissue which magnet powder carries out specified quantity content of the Nb, and has a soft magnetism phase and a hard magnetism phase, magnetization is high, outstanding magnetic properties are demonstrated and proper coercive force and square shape nature are improved especially.

[0147] – The absolute value of an irreversible demagnetizing factor is small, and the outstanding thermal resistance (thermal stability) is obtained.

[0148] – Since high flux density is obtained, even if it is isotropy, a bond magnet with high magnetic properties is obtained. Since the magnetic engine performance more than equivalent can be especially demonstrated with the bond magnet of smaller volume compared with the isotropic conventional bond magnet, it becomes it is more small and possible to obtain the motor of high performance.

[0149] – Since high flux density is obtained again, on the occasion of manufacture of a bond magnet, even if it does not pursue densification, magnetic properties high enough can be acquired, consequently further improvement dimensional accuracy, a mechanical strength, corrosion resistance, heat-resistant (thermal stability) can be aimed at with improvement in a moldability, and it becomes possible to manufacture a reliable bond magnet easily.

[0150] – Since magnetization nature is good, it can magnetize in a lower magnetization magnetic field, and multi-electrode magnetization etc. can especially be ensured [ easily ], and it can obtain high flux density.

[0151] – Since densification is not required, it is suitable also for manufacture of the bond magnet by the extrusion method and injection-molding method which shaping of high density cannot carry out easily compared with compression forming, and an effect which was mentioned above is acquired also with the bond magnet fabricated by such shaping method. Therefore, whenever [ width-of-face / of selection of the shaping method of a bond magnet / and configuration according to it further option ] spreads.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

**Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

---

**DESCRIPTION OF DRAWINGS**

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is drawing showing typically an example of complex tissue (nano composite organization) in the magnet powder of this invention.

[Drawing 2] It is drawing showing typically an example of complex tissue (nano composite organization) in the magnet powder of this invention.

[Drawing 3] It is drawing showing typically an example of complex tissue (nano composite organization) in the magnet powder of this invention.

[Drawing 4] It is the perspective diagram showing the example of a configuration of the equipment (quenching thin band manufacturing installation) which manufactures a magnet material.

[Drawing 5] It is the cross-section side elevation showing the condition near the collision part to the cooling roller of the molten metal in the equipment shown in drawing 4 .

[Drawing 6] It is drawing (J-H drawing) for explaining irreversible susceptibility.

[Drawing 7] It is J-H drawing showing a demagnetization curve and a recoiling curve.

[Description of Notations]

1 Quenching Thin Band Manufacturing Installation

2 Barrel

3 Nozzle

4 Coil

5 Cooling Roller

51 Roll Base Material

52 Surface Layer

53 Peripheral Surface

6 Molten Metal

7 Paddle

71 Coagulation Interface

8 Quenching Thin Band

81 Roll Side

9A Arrow head

9B Arrow head

10 Software Magnetism Phase

11 Hard Magnetism Phase

---

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-196210

(P2001-196210A)

(43) 公開日 平成13年7月19日 (2001.7.19)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード (参考)
H 0 1 F 1/06		B 2 2 F 1/00	Y 4 K 0 1 8
B 2 2 F 1/00		C 2 2 C 38/00	3 0 3 D 5 E 0 4 0
C 2 2 C 38/00	3 0 3	H 0 1 F 1/06	A
H 0 1 F 1/053		1/04	H
1/08		1/08	A
審査請求 未請求 請求項の数18 O L (全 13 頁)			

(21) 出願番号 特願2000-926 (P2000-926)

(22) 出願日 平成12年1月6日 (2000.1.6)

(71) 出願人 000002369

セイコーエプソン株式会社

東京都新宿区西新宿2丁目4番1号

(72) 発明者 新井 聖

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

(72) 発明者 加藤 洋

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

(74) 代理人 100093388

弁理士 鈴木 喜三郎 (外2名)

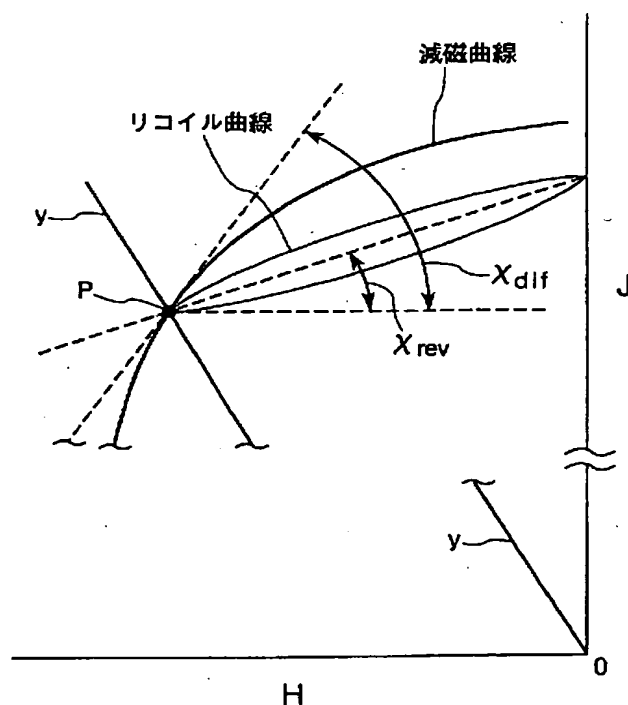
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁石粉末および等方性ボンド磁石

(57) 【要約】

【課題】 磁気特性が優れ、信頼性の高い磁石、特に熱的安定性に優れた磁石を提供すること。

【解決手段】 本発明の磁石粉末は、 $R_x(Fe_{1-y}Co_y)_{100-x-z-w}B_zNb_w$  (ただし、Rは、少なくとも1種の希土類元素、 $x: 7.1 \sim 9.9$  原子%、 $y: 0 \sim 0.30$ 、 $z: 4.6 \sim 6.9$  原子%、 $w: 0.2 \sim 3.5$  原子%) で表される合金組成からなり、ソフト磁性相とハード磁性相とを有する複合組織で構成される磁石粉末であって、結合樹脂と混合し成形して等方性ボンド磁石としたとき、室温での磁気特性を表す J-H 図での減磁曲線において、前記 J-H 図中の原点を通り、かつ傾き ( $J/H$ ) が  $-3.8 \times 10^{-6}$  ヘンリー/m である直線 y との交点 P を出発点として測定した場合の不可逆帯磁率 ( $\chi_{irr} = \chi_{dif} - \chi_{rev}$ ) が  $5.0 \times 10^{-7}$  ヘンリー/m 以下であり、さらに、室温での固有保磁力  $H_{cj}$  が  $320 \sim 720$  kA/m である。



(2)

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】  $R_x (Fe_{1-y}Co_y)_{100-x-z-w}B_zNb_w$  (ただし、Rは、少なくとも1種の希土類元素、 $x: 7.1 \sim 9.9$ 原子%、 $y: 0 \sim 0.30$ 、 $z: 4.6 \sim 6.9$ 原子%、 $w: 0.2 \sim 3.5$ 原子%) で表される合金組成からなり、ソフト磁性相とハード磁性相とを有する複合組織で構成される磁石粉末であって、結合樹脂と混合し成形して等方性ボンド磁石としたとき、室温での磁気特性を表すJ-H図での減磁曲線において、前記J-H図中の原点を通り、かつ傾き ( $J/H$ ) が  $-3.8 \times 10^{-6}$ ヘンリー/mである直線との交点を出発点として測定した場合の不可逆帯磁率 ( $\chi_{irr}$ ) が  $5.0 \times 10^{-7}$ ヘンリー/m以下であり、さらに、室温での固有保磁力  $H_{cJ}$  が  $320 \sim 720$  kA/mであることを特徴とする磁石粉末。

【請求項2】 結合樹脂と混合し成形して密度  $\rho$  [Mg/m<sup>3</sup>] の等方性ボンド磁石としたとき、室温での残留磁束密度  $B_r$  [T] が、 $B_r/\rho$  [ $\times 10^{-6} T \cdot m^3/g$ ]  $\geq 0.125$  の関係を満足する請求項1に記載の磁石粉末。

【請求項3】 磁石粉末は、結合樹脂と混合し成形して等方性ボンド磁石としたとき、不可逆減磁率 (初期減磁率) の絶対値が6.2%以下である請求項1または2に記載の磁石粉末。

【請求項4】 前記Rは、Ndおよび/またはPrを主とする希土類元素である請求項1ないし3のいずれかに記載の磁石粉末。

【請求項5】 前記Rは、Prを含み、その割合が前記R全体に対し5~75%である請求項1ないし4のいずれかに記載の磁石粉末。

【請求項6】 前記Rは、Dyを含み、その割合が前記R全体に対し14%以下である請求項1ないし5のいずれかに記載の磁石粉末。

【請求項7】 磁石粉末は、溶湯合金を急冷することにより得られたものである請求項1ないし6のいずれかに記載の磁石粉末。

【請求項8】 磁石粉末は、冷却ロールを用いて製造された急冷薄帯を粉砕して得られたものである請求項1ないし7のいずれかに記載の磁石粉末。

【請求項9】 磁石粉末は、その製造過程で、または製造後少なくとも1回熱処理が施されたものである請求項1ないし8のいずれかに記載の磁石粉末。

【請求項10】 平均粒径が  $0.5 \sim 150 \mu m$  である請求項1ないし9のいずれかに記載の磁石粉末。

【請求項11】 請求項1ないし10のいずれかに記載の磁石粉末を結合樹脂で結合してなることを特徴とする等方性ボンド磁石。

【請求項12】 Nbを含有する磁石粉末を結合樹脂で結合してなる等方性ボンド磁石であって、室温での磁気特性を表すJ-H図での減磁曲線におい

2

て、前記J-H図中の原点を通り、かつ傾き ( $J/H$ ) が  $-3.8 \times 10^{-6}$ ヘンリー/mである直線との交点を出発点として測定した場合の不可逆帯磁率 ( $\chi_{irr}$ ) が  $5.0 \times 10^{-7}$ ヘンリー/m以下であり、さらに、室温での固有保磁力  $H_{cJ}$  が  $320 \sim 720$  kA/mであることを特徴とする等方性ボンド磁石。

【請求項13】 等方性ボンド磁石の密度を  $\rho$  [Mg/m<sup>3</sup>] としたとき、室温での残留磁束密度  $B_r$  [T] が、 $B_r/\rho \geq 0.125$  [ $\times 10^{-6} T \cdot m^3/g$ ] の関係を満足する請求項12に記載の等方性ボンド磁石。

【請求項14】 前記磁石粉末は、R-TM-B-Nb系合金 (ただし、Rは、少なくとも1種の希土類元素、TMは、鉄を主とする遷移金属) よりなるものである請求項12または13に記載の等方性ボンド磁石。

【請求項15】 不可逆減磁率 (初期減磁率) の絶対値が6.2%以下である請求項12ないし14のいずれかに記載の等方性ボンド磁石。

【請求項16】 前記磁石粉末は、ソフト磁性相とハード磁性相とを有する複合組織で構成されるものである請求項12ないし15のいずれかに記載の等方性ボンド磁石。

【請求項17】 多極着磁に供される、または多極着磁された請求項11ないし16のいずれかに記載の等方性ボンド磁石。

【請求項18】 モータに用いられる請求項11ないし17のいずれかに記載の等方性ボンド磁石。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、磁石粉末および等方性ボンド磁石に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 モータ等の小型化を図るためには、そのモータに使用される際の (実質的なパーミアンスにおいて) 磁石の磁束密度が高いことが望まれる。ボンド磁石における磁束密度を決定する要因は、磁石粉末の磁化の値と、ボンド磁石中における磁石粉末の含有量 (含有率) とがある。従って、磁石粉末自体の磁化がそれほど高くない場合には、ボンド磁石中の磁石粉末の含有量を極端に多くしないと十分な磁束密度が得られない。

【0003】 ところで、現在、高性能な希土類ボンド磁石として使用されているものとしては、希土類磁石粉末として、MQI社製のMQP-B粉末を用いた等方性ボンド磁石が大半を占めている。等方性ボンド磁石は、異方性ボンド磁石に比べ次のような利点がある。すなわち、ボンド磁石の製造に際し、磁場配向が不要であるため、製造プロセスが簡単で、その結果製造コストが安価となることである。しかしこのMQP-B粉末に代表される従来の等方性ボンド磁石には、次のような問題点がある。

【0004】 1) 従来の等方性ボンド磁石では、磁束

50

(3)

3

密度が不十分であった。すなわち用いられる磁石粉末の磁化が低いため、ボンド磁石中の磁石粉末の含有量（含有率）を高めなければならないが、磁石粉末の含有量を高くすると、ボンド磁石の成形性が悪くなるため、限界がある。また、成形条件の工夫等により磁石粉末の含有量を多くしたとしても、やはり、得られる磁束密度には限界があり、このためモータの小型化を図ることはできない。

【0005】2) ナノコンポジット磁石で残留磁束密度の高い磁石も報告されているが、その場合は逆に保磁力が小さすぎて、実用上モータとして得られる磁束密度（実際に使用される際のパーミアンスでの）は非常に低いものであった。また、保磁力が小さいため、熱的安定性も劣る。

【0006】3) ボンド磁石の耐食性、耐熱性が低くなる。すなわち、磁石粉末の磁気特性の低さを補うために、ボンド磁石中の磁石粉末の含有量を多くしなければならず（すなわちボンド磁石の密度を極端に高密度化することとなり）、その結果、ボンド磁石は、耐食性、耐熱性が劣り信頼性が低いものとなる。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、磁気特性が優れ、信頼性、特に温度特性に優れた磁石を提供することができる磁石粉末および等方性ボンド磁石を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】このような目的は、下記(1)～(18)の本発明により達成される。

【0009】(1)  $R_x(Fe_{1-y}Co_y)_{100-x-z-w}B_zNb_w$ （ただし、Rは、少なくとも1種の希土類元素、 $x: 7.1 \sim 9.9$ 原子%、 $y: 0 \sim 0.30$ 、 $z: 4.6 \sim 6.9$ 原子%、 $w: 0.2 \sim 3.5$ 原子%）で表される合金組成からなり、ソフト磁性相とハード磁性相とを有する複合組織で構成される磁石粉末であって、結合樹脂と混合し成形して等方性ボンド磁石としたとき、室温での磁気特性を表すJ-H図での減磁曲線において、前記J-H図中の原点を通り、かつ傾き（J/H）が $-3.8 \times 10^{-6}$ ヘンリー/mである直線との交点を出発点として測定した場合の不可逆帯磁率

（ $\chi_{irr}$ ）が $5.0 \times 10^{-7}$ ヘンリー/m以下であり、さらに、室温での固有保磁力 $H_{cJ}$ が $320 \sim 720$  kA/mであることを特徴とする磁石粉末。

【0010】(2) 結合樹脂と混合し成形して密度 $\rho$  [Mg/m<sup>3</sup>]の等方性ボンド磁石としたとき、室温での残留磁束密度 $Br$  [T]が、 $Br/\rho$  [ $\times 10^{-6}$  T·m<sup>3</sup>/g]  $\geq 0.125$ の関係を満足する上記(1)に記載の磁石粉末。

【0011】(3) 磁石粉末は、結合樹脂と混合し成形して等方性ボンド磁石としたとき、不可逆減磁率（初期減磁率）の絶対値が6.2%以下である上記(1)ま

4

たは(2)に記載の磁石粉末。

【0012】(4) 前記Rは、Ndおよび/またはPrを主とする希土類元素である上記(1)ないし(3)のいずれかに記載の磁石粉末。

【0013】(5) 前記Rは、Prを含み、その割合が前記R全体に対し5～75%である上記(1)ないし(4)のいずれかに記載の磁石粉末。

【0014】(6) 前記Rは、Dyを含み、その割合が前記R全体に対し1～4%以下である上記(1)ないし(5)のいずれかに記載の磁石粉末。

【0015】(7) 磁石粉末は、溶湯合金を急冷することにより得られたものである上記(1)ないし(6)のいずれかに記載の磁石粉末。

【0016】(8) 磁石粉末は、冷却ロールを用いて製造された急冷薄帯を粉砕して得られたものである上記(1)ないし(7)のいずれかに記載の磁石粉末。

【0017】(9) 磁石粉末は、その製造過程で、または製造後少なくとも1回熱処理が施されたものである上記(1)ないし(8)のいずれかに記載の磁石粉末。

【0018】(10) 平均粒径が $0.5 \sim 150$   $\mu$ mである上記(1)ないし(9)のいずれかに記載の磁石粉末。

【0019】(11) 上記(1)ないし(10)のいずれかに記載の磁石粉末を結合樹脂で結合してなることを特徴とする等方性ボンド磁石。

【0020】(12) Nbを含有する磁石粉末を結合樹脂で結合してなる等方性ボンド磁石であって、室温での磁気特性を表すJ-H図での減磁曲線において、前記J-H図中の原点を通り、かつ傾き（J/H）が $-3.8 \times 10^{-6}$ ヘンリー/mである直線との交点を出発点として測定した場合の不可逆帯磁率（ $\chi_{irr}$ ）が $5.0 \times 10^{-7}$ ヘンリー/m以下であり、さらに、室温での固有保磁力 $H_{cJ}$ が $320 \sim 720$  kA/mであることを特徴とする等方性ボンド磁石。

【0021】(13) 等方性ボンド磁石の密度を $\rho$  [Mg/m<sup>3</sup>]としたとき、室温での残留磁束密度 $Br$  [T]が、 $Br/\rho \geq 0.125$  [ $\times 10^{-6}$  T·m<sup>3</sup>/g]の関係を満足する上記(12)に記載の等方性ボンド磁石。

【0022】(14) 前記磁石粉末は、R-TM-B-Nb系合金（ただし、Rは、少なくとも1種の希土類元素、TMは、鉄を主とする遷移金属）よりなるものである上記(12)または(13)に記載の等方性ボンド磁石。

【0023】(15) 不可逆減磁率（初期減磁率）の絶対値が6.2%以下である上記(12)ないし(14)のいずれかに記載の等方性ボンド磁石。

【0024】(16) 前記磁石粉末は、ソフト磁性相とハード磁性相とを有する複合組織で構成されるものである上記(12)ないし(15)のいずれかに記載の等

50

(4)

5

方性ボンド磁石。

【0025】(17) 多極着磁に供される、または多極着磁された上記(11)ないし(16)のいずれかに記載の等方性ボンド磁石。

【0026】(18) モータに用いられる上記(11)ないし(17)のいずれかに記載の等方性ボンド磁石。

【0027】

【発明の実施の形態】以下、本発明の磁石粉末および等方性ボンド磁石の実施の形態について、詳細に説明する。

【0028】【本発明の概要】モータなどの小型化を図るために、磁束密度が高い磁石を得ることが課題となっている。ボンド磁石における磁束密度を決定する要因は、磁石粉末の磁化の値と、ボンド磁石中における磁石粉末の含有量(含有率)とがあるが、磁石粉末自体の磁化がそれほど高くはない場合には、ボンド磁石中の磁石粉末の含有量を極端に多くしないと十分な磁束密度が得られない。

【0029】現在普及している前述のMQI社製のMQP-B粉末は、前述したように、用途によっては磁束密度が不十分であり、よって、ボンド磁石の製造に際し、ボンド磁石中の磁石粉末の含有量を高めること、すなわち高密度化を余儀なくされ、耐食性、耐熱性や機械的強度等の面で信頼性に欠けるとともに、保磁力が高いため、着磁性が悪いという欠点を有している。

【0030】これに対し、本発明の磁石粉末および等方性ボンド磁石は、十分な磁束密度と適度な保磁力が得られ、これにより、ボンド磁石中の磁石粉末の含有量(含有率)をそれほど高める必要がなく、その結果、高強度で、成形性、耐食性、着磁性等に優れた信頼性の高いボンド磁石を提供することができ、また、ボンド磁石の小型化、高性能化により、モータ等の磁石搭載機器の小型化にも大きく貢献することができる。

【0031】さらに、本発明の磁石粉末は、ハード磁性相とソフト磁性相とを有する複合組織を構成するものとすることができる。

【0032】前述のMQI社製のMQP-B粉末は、ハード磁性相の単相組織であるが、このような複合組織では磁化の高いソフト磁性相が存在するため、トータルの磁化が高くなるという利点があり、さらにリコイル透磁率が高くなるため、一旦逆磁場を加えてもその後の減磁率が小さいという利点を有する。

【0033】【磁石粉末の合金組成】本発明の磁石粉末は、 $R_x(Fe_{1-y}Co_y)_{100-x-z-w}B_zNb_w$ (ただし、Rは少なくとも1種の希土類元素、 $x: 7.1 \sim 9.9$ 原子%、 $y: 0 \sim 0.30$ 、 $z: 4.6 \sim 6.9$ 原子%、 $w: 0.2 \sim 3.5$ 原子%)で表される合金組成からなるものである。

【0034】R(希土類元素)としては、Y、La、C

6

e、Pr、Nd、Pm、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb、Lu、ミッシュメタルが挙げられ、これらを1種または2種以上含むことができる。

【0035】Rの含有量(含有率)は、 $7.1 \sim 9.9$ 原子%とされる。Rが $7.1$ 原子%未満では、十分な保磁力が得られず、Nbを添加しても保磁力の向上が少ない。一方、Rが $9.9$ 原子%を超えると、磁化のポテンシャルが下がるため、十分な磁束密度が得られなくなる。

【0036】ここで、RはNdおよび/またはPrを主とする希土類元素であるのが好ましい。その理由は、これらの希土類元素は、複合組織(特にナノコンポジット組織)を構成するハード磁性相の飽和磁化を高め、また磁石として良好な保磁力を実現するために有効だからである。

【0037】また、Rは、Prを含み、その割合がR全体に対し $5 \sim 75\%$ であるのが好ましく、 $20 \sim 60\%$ であるのがより好ましい。この範囲であると、残留磁束密度の低下をほとんど生じることなく、保磁力および角型性を向上させることができるためである。

【0038】また、Rは、Dyを含み、その割合がR全体に対し $14\%$ 以下であるのが好ましい。この範囲であると、残留磁束密度の著しい低下を生じることなく、保磁力を向上させることができると共に、温度特性(熱的安定性)の向上も可能となるからである。

【0039】Coは、Feと同様の特性を有する遷移金属である。このCoを添加すること(Feの一部を置換すること)により、キュリー温度が高くなり、温度特性が向上するが、Feに対するCoの置換比率が $0.30$ を超えると、保磁力、磁束密度は共に低下する傾向を示す。Feに対するCoの置換比率が $0.05 \sim 0.20$ の範囲では、温度特性の向上のみならず、磁束密度自体も向上するので、さらに好ましい。

【0040】B(ボロン)は、高い磁気特性を得るのに有効な元素であり、その含有量は、 $4.6 \sim 6.9$ 原子%とされる。Bが $4.6$ 原子%未満であると、B-H(J-H)ループにおける角型性が悪くなる。一方、Bが $6.9$ 原子%を超えると、非磁性相が多くなり、磁束密度が急減する。

【0041】Nbは、保磁力向上にとって有利な元素であり、特に、 $0.2 \sim 3.5$ 原子%の範囲で保磁力向上の効果が顕著に現れる。また、この範囲では、保磁力向上に追従して、角型性および最大磁気エネルギー積も向上する。さらに、耐熱性および耐食性についても良好となる。ただし、上述したように、Rが $7.1$ 原子%未満では、Nb添加によるこのような効果は非常に小さい。また、Nbが $3.5$ 原子%を超えると、磁化の低下が生じる。

【0042】そして、Nbを $0.2 \sim 3.5$ 原子%含む

(5)

7

ことによるもう一つの重要な効果は、後述する不可逆帯磁率 ( $\chi_{irr}$ ) を小さくすることができ、さらに、不可逆減磁率を改善することができ、磁石の耐熱性 (熱的安定性) が向上することである。Nbが0.2%原子未満では、このような効果が少なく、また前述した保磁力の向上も少ない。

【0043】なお、Nb自体は新規な物質ではないが、本発明では、実験、研究を重ねた結果、ソフト磁性相とハード磁性相を有する複合組織で構成される磁石粉末において、Nbを0.2~3.5原子%の範囲で含有せしめることにより、①優れた角型性、最大磁気エネルギー積を確保しつつ保磁力の向上が図れる、②後述する不可逆帯磁率 ( $\chi_{irr}$ ) を小さくすることができる、③不可逆減磁率の改善 (絶対値の低減) が図れる、④良好な耐食性を保持できる、という4つの効果が得られること、特にこれらの効果が同時に得られることを見出したものであり、この点に本発明の意義がある。

【0044】なお、Nb含有量の好ましい範囲は、前述したように0.2~3.5原子%であるが、この範囲の上限値は、3.0原子%であるのがより好ましく、2.5原子%であるのがさらに好ましい。

【0045】また、磁気特性をさらに向上させる等の目的で、磁石粉末を構成する合金中には、必要に応じ、Al、Cu、Si、Ga、Ti、V、Ta、Zr、Mo、Hf、Ag、Zn、P、Ge、Cr、Wよりなる群 (以下この群を「Q」で表す) から選択される少なくとも1種の元素を含有することもできる。Qに属する元素を含有する場合、その含有量は、2原子%以下であるのが好ましく、0.1~1.5原子%であるのがより好ましく、0.2~1.0原子%であるのがさらに好ましい。

【0046】Qに属する元素の含有は、その種類に応じた固有の効果を発揮する。例えば、Al、Cu、Si、Ga、V、Ta、Zr、Crは、耐食性を向上させる効果がある。

【0047】〔複合組織〕また、磁石材料は、ソフト磁性相とハード磁性相とを有する複合組織となっている。

【0048】この複合組織 (ナノコンポジット組織) は、ソフト磁性相10とハード磁性相11とが、例えば図1、図2または図3に示すようなパターン (モデル) で存在しており、各相の厚さや粒径がナノメートルレベル (例えば1~100nm) で存在している。そして、ソフト磁性相10とハード磁性相11とが相隣接し、磁気的な交換相互作用を生じる。なお、図1~図3に示すパターンは、一例であって、これらに限られるものではなく、例えば図2に示すパターンにおいて、ソフト磁性相10とハード磁性相11とが逆になっているものでもよい。

【0049】ソフト磁性相の磁化は、外部磁界の作用により容易にその向きを変えるので、ハード磁性相に混在すると、系全体の磁化曲線は、B-H図の第二象現で段

8

のある「へび型曲線」となる。しかし、ソフト磁性相のサイズが数10nm以下と十分小さい場合には、ソフト磁性体の磁化が周囲のハード磁性体の磁化との結合によって十分強く拘束され、系全体がハード磁性体として振舞うようになる。

【0050】このような複合組織 (ナノコンポジット組織) を持つ磁石は、主に、以下に挙げる特徴1)~5) を有している。

【0051】1) B-H図 (J-H図) の第三象現で、磁化が可逆的にスプリングバックする (この意味で「スプリング磁石」とも言う)。

2) 着磁性が良く、比較的低い磁場で着磁できる。

3) 磁気特性の温度依存性がハード磁性相単独の場合に比べて小さい。

4) 磁気特性の経時変化が小さい。

5) 微粉碎しても磁気特性が劣化しない。

【0052】前述した合金組成において、ハード磁性相およびソフト磁性相は、例えば次のようなものとなる。

【0053】ハード磁性相:  $R_2TM_{14}B$ 系 (ただし、TMは、FeまたはFeとCo)、または $R_2(TM, Nb)_{14}B$ 系 (あるいは、 $R_2(TM, Q)_{14}B$ 系、 $R_2(TM, Nb, Q)_{14}B$ 系)

ソフト磁性相: TM (特に $\alpha$ -Fe,  $\alpha$ -(Fe, Co))、またはTMとNbとの合金相、TMとBとの化合物相、TMとBとNbとの化合物相 (あるいは、これらのQを含む相)

【0054】〔磁石粉末の製造〕本発明の磁石粉末は、溶湯合金を急冷することにより製造されたものであるのが好ましく、特に、合金の溶湯を急冷、固化して得られた急冷薄帯 (リボン) を粉碎して製造されたものであるのが好ましい。以下、その方法の一例について説明する。

【0055】図4は、単ロールを用いた急冷法により磁石材料を製造する装置 (急冷薄帯製造装置) の構成例を示す斜視図、図5は、図4に示す装置における溶湯の冷却ロールへの衝突部位付近の状態を示す断面側面図である。

【0056】図4に示すように、急冷薄帯製造装置1は、磁石材料を収納し得る筒体2と、該筒体2に対し図中矢印9A方向に回転する冷却ロール5とを備えている。筒体2の下端には、磁石材料 (合金) の溶湯を射出するノズル (オリフィス) 3が形成されている。

【0057】また、筒体2のノズル3近傍の外周には、加熱用のコイル4が配置され、このコイル4に例えば高周波を印加することにより、筒体2内を加熱 (誘導加熱) し、筒体2内の磁石材料を熔融状態にする。

【0058】冷却ロール5は、基部51と、冷却ロール5の周面53を形成する表面層52とで構成されている。

【0059】基部51の構成材料は、表面層52と同じ



(6)

9

材質で一体構成されていてもよく、また、表面層52とは異なる材質で構成されていてもよい。

【0060】基部51の構成材料は、特に限定されないが、表面層52の熱をより速く放散できるように、例えば銅または銅系合金のような熱伝導率の高い金属材料で構成されているのが好ましい。

【0061】また、表面層52は、熱伝導率が基部51と同等かまたは基部51より低い材料で構成されているのが好ましい。表面層52の具体例としては、Cr等の金属薄層または金属酸化物層や、セラミックスが挙げられる。

【0062】セラミックスとしては、例えば、 $Al_2O_3$ 、 $SiO_2$ 、 $TiO_2$ 、 $Ti_2O_3$ 、 $ZrO_2$ 、 $Y_2O_3$ 、チタン酸バリウム、チタン酸ストロンチウム等の酸化物系セラミックス、 $AlN$ 、 $Si_3N_4$ 、 $TiN$ 、 $BN$ 等の窒化物系セラミックス、グラファイト、 $SiC$ 、 $ZrC$ 、 $Al_4C_3$ 、 $CaC_2$ 、 $WC$ 等の炭化物系のセラミックス、あるいは、これらのうちの2以上を任意に組合せた複合セラミックスが挙げられる。

【0063】このような急冷薄帯製造装置1は、チャンバー（図示せず）内に設置され、該チャンバー内に、好ましくは不活性ガスやその他の雰囲気ガスが充填された状態で作動する。特に、急冷薄帯8の酸化を防止するために、雰囲気ガスは、例えばアルゴンガス、ヘリウムガス、窒素ガス等の不活性ガスであるのが好ましい。

【0064】急冷薄帯製造装置1では、筒体2内に磁石材料（合金）を入れ、コイル4により加熱して熔融し、その溶湯6をノズル3から吐出すると、図5に示すように、溶湯6は、冷却ロール5の周面53に衝突し、パドル（湯溜り）7を形成した後、回転する冷却ロール5の周面53に引きずられつつ急速に冷却されて凝固し、急冷薄帯8が連続的または断続的に形成される。このようにして形成された急冷薄帯8は、やがて、そのロール面81が周面53から離れ、図4中の矢印9B方向に進行する。なお、図5中、溶湯の凝固界面71を点線で示す。

【0065】冷却ロール5の周速度は、合金溶湯の組成、周面53の溶湯6に対する濡れ性等によりその好適な範囲が異なるが、磁気特性向上のために、通常、1～60m/秒であるのが好ましく、5～40m/秒であるのがより好ましい。冷却ロール5の周速度が遅すぎると、急冷薄帯8の体積流量（単位時間当たり吐出される溶湯の体積）によっては、急冷薄帯8の厚さtが厚くなり、結晶粒径が増大する傾向を示し、逆に冷却ロール5の周速度が速すぎると、大部分が非晶質組織となり、いずれの場合にも、その後に熱処理を加えたとしても磁気特性の向上が望めなくなる。

【0066】なお、得られた急冷薄帯8に対しては、例えば、非晶質組織の再結晶化の促進、組織の均質化のために、少なくとも1回熱処理を施すこともできる。この

10

熱処理の条件としては、例えば、400～900℃で、0.5～300分程度とすることができる。

【0067】また、この熱処理は、酸化を防止するために、真空または減圧状態で（例えば $1 \times 10^{-1} \sim 1 \times 10^{-6}$ Torr）、あるいは窒素ガス、アルゴンガス、ヘリウムガス等の不活性ガス中のような、非酸化性雰囲気中で行うのが好ましい。

【0068】以上のような製造方法により得られた急冷薄帯（薄帯状の磁石材料）8は、微細結晶組織、もしくは微細結晶がアモルファス組織中に含まれるような組織となり、優れた磁気特性が得られる。そして、この急冷薄帯8を粉砕することにより、本発明の磁石粉末が得られる。

【0069】粉砕の方法は、特に限定されず、例えばボールミル、振動ミル、ジェットミル、ピンミル等の各種粉砕装置、破碎装置を用いて行うことができる。この場合、粉砕は、酸化を防止するために、真空または減圧状態で（例えば $1 \times 10^{-1} \sim 1 \times 10^{-6}$ Torr）、あるいは窒素ガス、アルゴンガス、ヘリウムガス等の不活性ガス中のような、非酸化性雰囲気中で行うこともできる。

【0070】磁石粉末の平均粒径は、特に限定されないが、後述する等方性ボンド磁石を製造するためのものの場合、磁石粉末の酸化防止と、粉砕による磁気特性劣化の防止とを考慮して、0.5～150 $\mu$ m程度が好ましく、0.5～80 $\mu$ m程度がより好ましく、1～50 $\mu$ m程度がさらに好ましい。

【0071】また、ボンド磁石の成形時のより良好な成形性を得るために、磁石粉末の粒径分布は、ある程度分散されている（バラツキがある）のが好ましい。これにより、得られたボンド磁石の空孔率を低減することができ、その結果、ボンド磁石中の磁石粉末の含有量を同じとしたときに、ボンド磁石の密度や機械的強度をより高めることができ、磁気特性をさらに向上することができる。

【0072】なお、得られた磁石粉末に対しては、例えば、粉砕により導入されたひずみの影響の除去、結晶粒径の制御を目的として、熱処理を施すこともできる。この熱処理の条件としては、例えば、350～850℃で、0.5～300分程度とすることができる。

【0073】また、この熱処理は、酸化を防止するために、真空または減圧状態で（例えば $1 \times 10^{-1} \sim 1 \times 10^{-6}$ Torr）、あるいは窒素ガス、アルゴンガス、ヘリウムガス等の不活性ガス中のような、非酸化性雰囲気中で行うのが好ましい。

【0074】以上のような磁石粉末を用いてボンド磁石を製造した場合、そのような磁石粉末は、結合樹脂との結合性（結合樹脂の濡れ性）が良く、そのため、このボンド磁石は、機械的強度が高く、熱安定性（耐熱性）、耐食性が優れたものとなる。従って、当該磁石粉末は、

(7)

11

ボンド磁石の製造に適している。

【0075】なお、以上では、急冷法として、単ロール法を例に説明したが、双ロール法を採用してもよい。また、その他、例えばガスアトマイズのようなアトマイズ法、回転ディスク法、メルト・エクストラクション法、メカニカル・アロイング(MA)法等により製造してもよい。このような急冷法は、金属組織(結晶粒)を微細化することができるので、ボンド磁石の磁石特性、特に保磁力等を向上させるのに有効である。

【0076】[ボンド磁石およびその製造]次に、本発明の等方性ボンド磁石(以下単に、「ボンド磁石」とも言う)について説明する。

【0077】本発明のボンド磁石は、好ましくは、前述の磁石粉末を結合樹脂で結合してなるものである。

【0078】結合樹脂(バインダー)としては、熱可塑性樹脂、熱硬化性樹脂のいずれでもよい。

【0079】熱可塑性樹脂としては、例えば、ポリアミド(例:ナイロン6、ナイロン46、ナイロン66、ナイロン610、ナイロン612、ナイロン11、ナイロン12、ナイロン6-12、ナイロン6-66)、熱可塑性ポリイミド、芳香族ポリエステル等の液晶ポリマー、ポリフェニレンオキシド、ポリフェニレンサルファイド、ポリエチレン、ポリプロピレン、エチレン-酢酸ビニル共重合体等のポリオレフィン、変性ポリオレフィン、ポリカーボネート、ポリメチルメタクリレート、ポリエチレンテレフタレート、ポリブチレンテレフタレート等のポリエステル、ポリエーテル、ポリエーテルエーテルケトン、ポリエーテルイミド、ポリアセタール等、またはこれらを主とする共重合体、ブレンド体、ポリマーアロイ等が挙げられ、これらのうちの1種または2種以上を混合して用いることができる。

【0080】これらのうちでも、成形性が特に優れており、機械的強度が高いことから、ポリアミド、耐熱性向上の点から、液晶ポリマー、ポリフェニレンサルファイドを主とするものが好ましい。また、これらの熱可塑性樹脂は、磁石粉末との混練性にも優れている。

【0081】このような熱可塑性樹脂は、その種類、共重合化等により、例えば成形性を重視したものや、耐熱性、機械的強度を重視したものというように、広範囲の選択が可能となるという利点がある。

【0082】一方、熱硬化性樹脂としては、例えば、ビスフェノール型、ノボラック型、ナフタレン系等の各種エポキシ樹脂、フェノール樹脂、ユリア樹脂、メラミン樹脂、ポリエステル(不飽和ポリエステル)樹脂、ポリイミド樹脂、シリコーン樹脂、ポリウレタン樹脂等が挙げられ、これらのうちの1種または2種以上を混合して用いることができる。

【0083】これらのうちでも、成形性が特に優れており、機械的強度が高く、耐熱性に優れるという点から、エポキシ樹脂、フェノール樹脂、ポリイミド樹脂、シリ

12

コーン樹脂が好ましく、エポキシ樹脂が特に好ましい。また、これらの熱硬化性樹脂は、磁石粉末との混練性、混練の均一性にも優れている。

【0084】なお、使用される熱硬化性樹脂(未硬化)は、室温で液状のものでも、固形(粉末状)のものでもよい。

【0085】このような本発明のボンド磁石は、例えば次のようにして製造される。磁石粉末と、結合樹脂と、必要に応じ添加剤(酸化防止剤、潤滑剤等)とを混合、混練(例えば、温間混練)してボンド磁石用組成物(コンパウンド)を製造し、このボンド磁石用組成物を用いて、圧縮成形(プレス成形)、押出成形、射出成形等の成形方法により、無磁場中で所望の磁石形状に成形する。結合樹脂が熱硬化性樹脂の場合には、成形後、加熱等によりそれを硬化する。

【0086】ここで、前記3種の成形方法のうち、押出成形および射出成形(特に、射出成形)は、形状選択の自由度が広く、生産性が高い等の利点があるが、これらの成形方法では、良好な成形性を得るために、成形機内におけるコンパウンドの十分な流動性を確保しなければならないため、圧縮成形に比べて、磁石粉末の含有量を多くすること、すなわちボンド磁石を高密度化することができない。しかしながら、本発明では、後述するように、高い磁束密度が得られ、そのため、ボンド磁石を高密度化しなくても優れた磁気特性が得られるので、押出成形、射出成形により製造されるボンド磁石にもその利点を享受することができる。

【0087】ボンド磁石中の磁石粉末の含有量(含有率)は、特に限定されず、通常は、成形方法や、成形性と高磁気特性との両立を考慮して決定される。具体的には、75~99.5wt%程度であるのが好ましく、85~97.5wt%程度であるのがより好ましい。

【0088】特に、ボンド磁石が圧縮成形により製造されたもの場合には、磁石粉末の含有量は、90~99.5wt%程度であるのが好ましく、93~98.5wt%程度であるのがより好ましい。

【0089】また、ボンド磁石が押出成形または射出成形により製造されたもの場合には、磁石粉末の含有量は、75~98wt%程度であるのが好ましく、85~97wt%程度であるのがより好ましい。

【0090】ボンド磁石の密度 $\rho$ は、それに含まれる磁石粉末の比重、磁石粉末の含有量、空孔率等の要因により決定される。本発明のボンド磁石において、その密度 $\rho$ は特に限定されないが、5.3~6.6Mg/m<sup>3</sup>程度であるのが好ましく、5.5~6.4Mg/m<sup>3</sup>程度であるのがより好ましい。

【0091】本発明では、磁石粉末の磁束密度、保磁力が大きいので、ボンド磁石に成形した場合に、磁石粉末の含有量が多い場合はもちろんのこと、含有量が比較的小さい場合でも、優れた磁気特性(特に、高い最大磁気

(8)

13

エネルギー積 (BH)<sub>max</sub> が得られる。

【0092】本発明のボンド磁石の形状、寸法等は特に限定されず、例えば、形状に関しては、例えば、円柱状、角柱状、円筒状（リング状）、円弧状、平板状、湾曲板状等のあらゆる形状のものが可能であり、その大きさも、大型のものから超小型のものまであらゆる大きさのものが可能である。特に、小型化、超小型化された磁石に有利であることは、本明細書中で度々述べている通りである。

【0093】このようなことから、本発明のボンド磁石は、多極着磁に供される、または多極着磁されたものであるのが好ましい。

【0094】以上のような本発明のボンド磁石は、室温での磁気特性を表す J-H 図（縦軸に磁化 (J)、横軸に磁界 (H) をとった図）での減磁曲線において、J-H 図中の原点を通り、かつ傾き (J/H) が  $-3.8 \times 10^{-6}$  ヘンリー/m である直線との交点を出発点として測定した場合の不可逆帯磁率 ( $\chi_{irr}$ ) が  $5.0 \times 10^{-7}$  ヘンリー/m 以下であり、さらに、室温での固有保磁力 ( $H_{cJ}$ ) が  $320 \sim 720$  kA/m であるという磁気特性（磁気性能）を有している。以下、不可逆帯磁率 ( $\chi_{irr}$ )、固有保磁力 ( $H_{cJ}$ ) および残留磁束密度 ( $B_r$ ) と密度 ( $\rho$ ) の関係について順次説明する。

【0095】[不可逆帯磁率について] 不可逆帯磁率 ( $\chi_{irr}$ ) とは、図6に示すように、J-H 図での減磁曲線において、ある点 P における当該減磁曲線の接線の傾きを微分帯磁率 ( $\chi_{dif}$ ) とし、前記点 P から一旦減磁界の大きさを減らしてリコイル曲線を描かせたときの当該リコイル曲線の傾き（リコイル曲線の両端を結ぶ直線の傾き）を可逆帯磁率 ( $\chi_{rev}$ ) としたとき、次式で表されるもの（単位：ヘンリー/m）を言う。

【0096】不可逆帯磁率 ( $\chi_{irr}$ ) = 微分帯磁率 ( $\chi_{dif}$ ) - 可逆帯磁率 ( $\chi_{rev}$ )

なお、本発明では、J-H 図での減磁曲線において、J-H 図中の原点を通りかつ傾き (J/H) が  $-3.8 \times 10^{-6}$  ヘンリー/m である直線 y との交点を前記点 P とした。

【0097】本発明において、室温での不可逆帯磁率 ( $\chi_{irr}$ ) の上限値を  $5.0 \times 10^{-7}$  ヘンリー/m と定めた理由は、次の通りである。

【0098】前述したように、不可逆帯磁率 ( $\chi_{irr}$ ) は、一旦減磁界をかけた後、その絶対値を減少させても\*

$$0.125 \leq B_r / \rho \text{ [} \times 10^{-6} \text{ T} \cdot \text{m}^3 / \text{g} \text{]} \quad \dots (i)$$

また、式 (i) に代わり、式 (ii) を満足するのがより ※ 【0106】

好ましく、式 (iii) を満足するのがさらに好ましい。 ※

$$0.128 \leq B_r / \rho \text{ [} \times 10^{-6} \text{ T} \cdot \text{m}^3 / \text{g} \text{]} \leq 0.16 \quad \dots (ii)$$

$$0.13 \leq B_r / \rho \text{ [} \times 10^{-6} \text{ T} \cdot \text{m}^3 / \text{g} \text{]} \leq 0.155 \quad \dots (iii)$$

$B_r / \rho \text{ [} \times 10^{-6} \text{ T} \cdot \text{m}^3 / \text{g} \text{]}$  の値が前記式中の下限値未満であると、磁石の密度を高くしないと、すなわち磁石粉末の含有量（含有率）を高くしないと、十分な磁

14

\* 戻らない磁化の磁界に対する変化率を示すものであるため、この不可逆帯磁率 ( $\chi_{irr}$ ) をある程度小さい値に抑えることにより、ボンド磁石の熱的安定性の向上、特に不可逆減磁率の絶対値の低減が図れる。実際に、本発明における不可逆帯磁率 ( $\chi_{irr}$ ) の範囲では、ボンド磁石を例えば  $100^\circ\text{C} \times 1$  時間の環境下に放置後、室温まで戻したときの不可逆減磁率はその絶対値が約 5% 以下となり、実用上（特にモータ等の使用において）十分な耐熱性すなわち熱的安定性が得られる。

【0099】これに対し、不可逆帯磁率 ( $\chi_{irr}$ ) が  $5.0 \times 10^{-7}$  ヘンリー/m を超えると、不可逆減磁率の絶対値が増大し、十分な熱的安定性が得られない。また、固有保磁力が低くなるとともに角型性が悪くなるので、ボンド磁石の実際の使用において、パーミアンス係数 (Pc) が大きくなる（例えば  $Pc \geq 5$ ）ような用途での使用に制限されてしまう。また、保磁力の低下は、熱的安定性の低下をもたらすことにもなる。

【0100】室温での不可逆帯磁率 ( $\chi_{irr}$ ) を  $5.0 \times 10^{-7}$  ヘンリー/m 以下と定めた理由は以上のとおりであるが、不可逆帯磁率 ( $\chi_{irr}$ ) はできるだけ小さい値が好ましく、従って、本発明では、不可逆帯磁率 ( $\chi_{irr}$ ) が  $4.5 \times 10^{-7}$  ヘンリー/m 以下であるのがより好ましく、 $4.0 \times 10^{-7}$  ヘンリー/m 以下であるのがさらに好ましい。

【0101】[固有保磁力について] ボンド磁石の室温での固有保磁力 ( $H_{cJ}$ ) は、 $320 \sim 720$  kA/m である。特に、 $400 \sim 640$  kA/m がより好ましい。

【0102】固有保磁力 ( $H_{cJ}$ ) が前記上限値を超えると、着磁性が劣り、十分な磁束密度が得られない。

【0103】一方、固有保磁力 ( $H_{cJ}$ ) が前記下限値未満であると、モータの用途によっては逆磁場がかかったときの減磁が顕著になり、また、高温における耐熱性が劣る。従って、固有保磁力 ( $H_{cJ}$ ) を上記範囲とすることにより、ボンド磁石（特に、円筒状磁石）に多極着磁等をするような場合に、十分な着磁磁場が得られないときでも、良好な着磁が可能となり、十分な磁束密度が得られ、高性能なボンド磁石、特にモータ用ボンド磁石を提供することができる。

【0104】[残留磁束密度  $B_r$  と密度  $\rho$  の関係について] 残留磁束密度  $B_r$  (T) と密度  $\rho$  (Mg/m<sup>3</sup>) との間で、下記式 (i) の関係を満足するのが好ましい。

【0105】

※ 【0106】

束密度が得られない。そうした場合、成形方法の制約、高コスト化、結合樹脂の減少による成形性の低下という問題を招く。また、一定の磁束密度を得るためには体積

(9)

15

が増えることとなり、機器の小型化が困難となる。

【0107】さらに本発明のボンド磁石は、最大磁気エネルギー積、不可逆減磁率について、以下に述べる条件を満足するのが好ましい。

【0108】〔最大磁気エネルギー積  $(BH)_{\max}$  について〕最大磁気エネルギー積  $(BH)_{\max}$  は、 $60 \text{ kJ/m}^3$  以上であるのが好ましく、 $65 \text{ kJ/m}^3$  以上であるのがより好ましく、 $70 \sim 130 \text{ kJ/m}^3$  であるのがさらに好ましい。最大磁気エネルギー積  $(BH)_{\max}$  が  $60 \text{ kJ/m}^3$  未満であると、モータ用に用いた場合、その種類、構造によっては、十分なトルクが得られない。

【0109】〔不可逆減磁率について〕不可逆減磁率（初期減磁率）の絶対値は、 $6.2\%$  以下であるのが好ましく、 $5\%$  以下であるのがより好ましく、 $4\%$  以下であるのがさらに好ましい。これにより、熱的安定性（耐熱性）に優れたボンド磁石が得られる。

【0110】

【実施例】以下、本発明の具体的実施例について説明する。

【0111】（実施例1）以下に述べるような方法で合金組成が  $(\text{Nd}_{0.7}\text{Pr}_{0.25}\text{Dy}_{0.05})_{8.7}\text{Fe}_{\text{bal}}\text{Co}_{7.0}\text{B}_{5.6}\text{Nb}_w$  で表される磁石粉末（Nb含有量wを種々変化させた7種の磁石粉末）を得た。

【0112】まず、Nd、Pr、Dy、Fe、Co、B、Nbの各原料を秤量して母合金インゴットを casting し、このインゴットから約  $15 \text{ g}$  のサンプルを切り出した。

【0113】図4および図5に示す構成の急冷薄帯製造装置1を用意し、底部にノズル（円孔オリフィス：オリフィス直径  $0.55 \text{ mm}$ ）3を設けた石英管内に前記サンプルを入れた。急冷薄帯製造装置1が収納されているチャンバー内を脱気した後、不活性ガス（アルゴンガス）を導入し、所望の温度および圧力の雰囲気とした。

【0114】冷却ロール5としては、銅製の基部51の外周に、WCよりなる厚さ約  $5 \mu\text{m}$  の表面層52を設けたもの（直径  $200 \text{ mm}$ ）を用いた。

【0115】その後、石英管内のインゴットサンプルを高周波誘導加熱により溶解し、さらに、溶湯の噴射圧（石英管の内圧と雰囲気圧との差圧）、冷却ロールの周速度を調整して、急冷薄帯を作製した。

【0116】得られた急冷薄帯を粗粉碎した後、アルゴンガス雰囲気中で  $710^\circ\text{C} \times 300 \text{ 秒}$  の熱処理を施して、磁石粉末を得た。

【0117】次に、粒度調整のために、この磁石粉末をさらに粉碎机（ライカイ機）を用いてアルゴンガス中で粉碎し、平均粒径  $60 \mu\text{m}$  の磁石粉末にした。

【0118】得られた各磁石粉末について、その相構成

16

を分析するため、Cu-K $\alpha$ を用い回折角  $20^\circ \sim 60^\circ$  にてX線回折を行った。回折パターンからハード磁性相である  $\text{R}_2(\text{Fe} \cdot \text{Co})_{14}\text{B}$  型相と、ソフト磁性相である  $\alpha-(\text{Fe}, \text{Co})$  型相の回折ピークが確認でき、透過型電子顕微鏡（TEM）による観察結果から、いずれも、複合組織（ナノコンポジット組織）を形成していることが確認された。

【0119】この磁石粉末に、ポリアミド樹脂（ナイロン12）と、少量のヒドラジン系酸化防止剤および潤滑剤とを混合し、これらを  $225^\circ\text{C} \times 15 \text{ 分間}$ 、混練してボンド磁石用組成物（コンパウンド）を作製した。このとき、磁石粉末とポリアミド樹脂（ナイロン12）との配合比率（重量比）は、各ボンド磁石についてほぼ等しい値とした。すなわち、各ボンド磁石中の磁石粉末の含有量（含有率）は、約  $97 \text{ wt}\%$  であった。

【0120】次いで、このコンパウンドを粉碎して粒状とし、この粒状物を秤量してプレス装置の金型内に充填し、温度  $210^\circ\text{C}$ 、圧力  $800 \text{ MPa}$  で圧縮成形（無磁場中）して、直径  $10 \text{ mm} \times$  高さ  $7 \text{ mm}$  の円柱状の等方性ボンド磁石を得た。各ボンド磁石の密度  $\rho$  をアルキメデス法により測定した。その結果を表1に示した。

【0121】＜磁気特性、不可逆帯磁率の評価＞各ボンド磁石について、磁場強度  $3.2 \text{ MA/m}$  でパルス着磁を施した後、直流自記磁束計（東英工業（株）製、TRF-5BH）にて最大印加磁場  $2.0 \text{ MA/m}$  で磁気特性（残留磁束密度  $B_r$ 、固有保磁力  $H_{cJ}$ 、最大磁気エネルギー積  $(BH)_{\max}$ ）を測定した。測定時の温度は、 $23^\circ\text{C}$ （室温）であった。

【0122】図7に示すように、得られたJ-H図の減磁曲線において、原点を通り傾き（J/H）が  $-3.8 \times 10^{-6} \text{ ヘンリー/m}$  の直線との交点Pを出発点とし、ここから磁界を一旦0まで変化させてから再び元に戻してリコイル曲線を描き、このリコイル曲線の傾き（リコイル曲線の両端を結ぶ直線の傾き）を可逆帯磁率（ $\chi_{\text{rev}}$ ）として求めた。また、前記交点Pにおける減磁曲線の接線の傾きを微分帯磁率（ $\chi_{\text{dif}}$ ）として求めた。室温での不可逆帯磁率（ $\chi_{\text{irr}}$ ）は、 $\chi_{\text{irr}} = \chi_{\text{dif}} - \chi_{\text{rev}}$  として求めた。これらの結果を下記表1に示す。

【0123】＜耐熱性の評価＞次に、前記各ボンド磁石（直径  $10 \text{ mm} \times$  高さ  $7 \text{ mm}$  の円柱状）の耐熱性（熱的安定性）を調べた。この耐熱性は、ボンド磁石を  $100^\circ\text{C} \times 1 \text{ 時間}$  の環境下に保持した後、室温まで戻した際の不可逆減磁率（初期減磁率）を測定し、評価した。その結果を下記表1に示す。不可逆減磁率（初期減磁率）の絶対値が小さいほど、耐熱性（熱的安定性）に優れる。

【0124】

【表1】

(10)

17

サンプル No.	w	$\rho$ ( $\text{Mg}/\text{m}^3$ )	Br (T)	$H_{cJ}$ ( $\text{kA}/\text{m}$ )	$(BH)_{\max}$ ( $\text{kJ}/\text{m}^3$ )	$Br/\rho$ ( $\times 10^{-6} \text{T} \cdot \text{m}^3/\text{g}$ )	$\chi_{irr}$ ( $\times 10^{-7} \text{H}/\text{m}$ )	不可逆減磁率 (%)
1(比較例)	0.1	6.27	0.83	345	75.6	0.132	7.5	-6.5
2(本発明)	0.2	6.26	0.87	415	104.8	0.139	4.8	-4.7
3(本発明)	0.5	6.32	0.90	478	113.2	0.142	3.7	-4.0
4(本発明)	1.2	6.29	0.92	496	115.9	0.146	3.2	-3.6
5(本発明)	2.5	6.30	0.90	530	112.0	0.143	3.0	-3.2
6(本発明)	3.3	6.33	0.81	561	102.7	0.128	2.7	-2.7
7(比較例)	3.6	6.31	0.76	553	79.1	0.120	3.3	-3.5

18

【0125】＜総合評価＞表1からわかるように、磁石粉末中のNb含有量wが0.2～3.5原子%でかつ不可逆減磁率( $\chi_{irr}$ )が $5.0 \times 10^{-7}$ ヘンリー/m以下の等方性ボンド磁石(No. 2～No. 6)は、いずれも優れた磁気特性(残留磁束密度、固有保磁力、最大磁気エネルギー積)を有し、不可逆減磁率の絶対値も小さいことから耐熱性(熱的安定性)が高く、さらに、着磁性も良好である。

【0126】以上のようなことから、本発明によれば、高性能で信頼性(特に、耐熱性)の高いボンド磁石を提供することができる。特に、ボンド磁石をモータとして使用した場合に、高い性能が発揮される。

【0127】(実施例2) 実施例1と同様にして、合金組成が( $\text{Nd}_{0.75}\text{Pr}_{0.20}\text{Dy}_{0.05}$ ) $8.9\text{Fe}_{91}\text{Co}_{6.9}\text{B}_{5.5}\text{Nb}_{1.5}$ で表される磁石粉末を得た。

【0128】得られた磁石粉末に、ポリアミド樹脂(ナイロン12)と、少量のヒドラジン系酸化防止剤および潤滑剤とを混合し、これらを200～230℃×15分間、混練してボンド磁石用組成物(コンパウンド)を製した。このとき、ボンド磁石中の磁石粉末の含有量

\*(含有率)を種々変化させて、7種類のコンパウンドを得た。

【0129】こうして得られたコンパウンドのうち磁石粉末の含有量が比較的多いものについては、粉碎して粒状とした後、無磁場中で圧縮成形することにより、また磁石粉末の含有量が比較的小さいものについては、粉碎して粒状とした後、無磁場中で射出成形することによりボンド磁石とした。

【0130】なお、ボンド磁石の寸法は、いずれも直径10mm×高さ7mmの円柱状とした。

【0131】圧縮成形は、粒状物をプレス装置の金型内に充填し、温度210～220℃、圧力800MPaで行った。射出成形は、成形時の金型温度を90℃、射出シリンダー内温度を230～280℃として成形を行った。

【0132】このようにして得られた各ボンド磁石について、実施例1と同様にして磁気特性の測定、および耐熱性の試験を行った。これらの結果を表2に示す。

【0133】

【表2】

サンプル No.	混練温度 (℃)	成形方法	成形温度 (℃)	$\rho$ ( $\text{Mg}/\text{m}^3$ )	Br (T)	$H_{cJ}$ ( $\text{kA}/\text{m}$ )	$(BH)_{\max}$ ( $\text{kJ}/\text{m}^3$ )	$Br/\rho$ ( $\times 10^{-6} \text{T} \cdot \text{m}^3/\text{g}$ )	$\chi_{irr}$ ( $\times 10^{-7} \text{H}/\text{m}$ )	不可逆減磁率 (%)
8(本発明)	200	射出成形	230	5.30	0.78	563	83.4	0.147	2.1	-2.2
9(本発明)	203	射出成形	246	5.60	0.80	551	88.3	0.146	2.3	-2.5
10(本発明)	211	射出成形	260	5.67	0.82	542	92.6	0.145	2.5	-2.9
11(本発明)	216	射出成形	275	5.80	0.84	535	96.2	0.144	2.7	-3.1
12(本発明)	220	圧縮成形	210	5.95	0.85	531	100.5	0.143	2.9	-3.4
13(本発明)	224	圧縮成形	215	6.21	0.86	517	108.8	0.142	3.2	-3.7
14(本発明)	230	圧縮成形	220	6.48	0.92	510	118.4	0.142	3.8	-4.2

【0134】＜総合評価＞表2から明らかなように、本発明のボンド磁石は、密度 $\rho$ の広い範囲にわたって、優れた磁気特性(残留磁束密度Br、最大磁気エネルギー積 $(BH)_{\max}$ および保磁力 $H_{cJ}$ )を有するとともに、不可逆減磁率が小さく、熱的安定性(耐熱性)にも優れている。

【0135】特に、本発明のボンド磁石は、射出成形によって得られるような低密度のボンド磁石の場合(磁石粉末の含有量が少ない場合)においても優れた磁気特性を有しているが、これは、次のような理由のためであると推定される。

【0136】低密度、すなわち結合樹脂の含有量が多いと、混練時や成形時におけるコンパウンドの流動性が高くなる。そのため、磁石粉末と結合樹脂とを比較的低温、短時間で混練することが可能となり、混練時にお

るこれらの均一化を容易に達成できる。また、コンパウンドの流動性が高いと、成形も比較的低温、短時間で簡便に行うことが可能となる。すなわち、成形条件を緩和することができる。その結果、混練時、成形時における磁石粉末の劣化(酸化等)を最小限に抑えることができ、よって、高磁気特性のボンド磁石が得られ、成形性も向上する。

【0137】また、コンパウンドの流動性が高いと、得られるボンド磁石の空隙率を低くすることができ、よって、機械的強度の向上とともに磁気特性も向上する。

【0138】(実施例3) 実施例1で得られた各磁石粉末を用いて、実施例1と同様にして、外径22mm×内径20mm×高さ4mmの円筒状(リング状)の等方性ボンド磁石を製造し、得られた各ボンド磁石を8極に多極着磁した。着磁の際に着磁コイルに流す電流値は16

(11)

19

kAとした。

【0139】なお、このとき、着磁率90%を達成するのに要した着磁磁界の大きさは、比較的小さく、よって、着磁性は良好であった。

【0140】このようにして着磁された各ボンド磁石をロータ磁石として用いて、CD-ROM用スピンドルモータを組み立てた。

【0141】各CD-ROM用スピンドルモータにおいて、ロータを1000rpmで回転させたときの巻線コイルに発生した逆起電圧を測定した。その結果、サンプルNo. 1、No. 7（いずれも比較例）のボンド磁石を用いたモータは、電圧が0.80V以下であったのに対し、サンプルNo. 2～No. 6（本発明）のボンド磁石を用いたモータは、いずれも0.96V以上と20%以上高い値が得られた。

【0142】その結果、本発明のボンド磁石を用いると、高性能のモータが製造できることが確認された。

【0143】ボンド磁石を押出成形により製造した（ボンド磁石中の磁石粉末の含有率：92～95wt%）以外は、上記実施例1～3と同様にして本発明のボンド磁石およびモータを製造し、性能評価を行ったところ、前記と同様の結果が得られた。

【0144】ボンド磁石を射出成形により製造した（ボンド磁石中の磁石粉末の含有率：90～93wt%）以外は、上記実施例1～3と同様にして本発明のボンド磁石およびモータを製造し、性能評価を行ったところ、前記と同様の結果が得られた。

【0145】

【発明の効果】以上述べたように、本発明によれば、次のような効果が得られる。

【0146】・磁石粉末がNbを所定量含有し、また、ソフト磁性相とハード磁性相とを有する複合組織を有することにより、磁化が高く、優れた磁気特性を発揮し、特に固有保磁力と角型性が改善される。

【0147】・不可逆減磁率の絶対値が小さく、優れた耐熱性（熱的安定性）が得られる。

【0148】・高い磁束密度が得られるので、等方性であっても、高磁気特性を持つボンド磁石が得られる。特に、従来の等方性ボンド磁石に比べ、より小さい体積のボンド磁石で同等以上の磁気性能を発揮することができるので、より小型で高性能のモータを得ることが可能となる。

【0149】・また、高い磁束密度が得られることから、ボンド磁石の製造に際し、高密度化を追求しなくても十分に高い磁気特性を得ることができ、その結果、成形性の向上と共に、寸法精度、機械的強度、耐食性、耐

20

熱性（熱的安定性）等のさらなる向上が図れ、信頼性の高いボンド磁石を容易に製造することが可能となる。

【0150】・着磁性が良好なので、より低い着磁磁場で着磁することができ、特に多極着磁等を容易かつ確実に行うことができ、かつ高い磁束密度を得ることができる。

【0151】・高密度化を要求されないことから、圧縮成形法に比べて高密度の成形がしにくい押出成形法や射出成形法によるボンド磁石の製造にも適し、このような成形方法で成形されたボンド磁石でも、前述したような効果が得られる。よって、ボンド磁石の成形方法の選択の幅、さらには、それによる形状選択の自由度が広がる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の磁石粉末における複合組織（ナノコンポジット組織）の一例を模式的に示す図である。

【図2】本発明の磁石粉末における複合組織（ナノコンポジット組織）の一例を模式的に示す図である。

【図3】本発明の磁石粉末における複合組織（ナノコンポジット組織）の一例を模式的に示す図である。

【図4】磁石材料を製造する装置（急冷薄帯製造装置）の構成例を示す斜視図である。

【図5】図4に示す装置における溶湯の冷却ロールへの衝突部位付近の状態を示す断面側面図である。

【図6】不可逆帯磁率を説明するための図（J-H図）である。

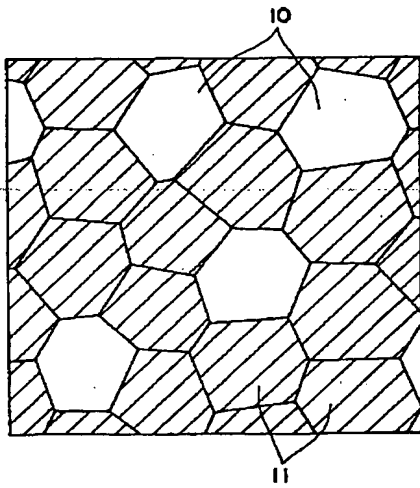
【図7】減磁曲線およびリコイル曲線を示すJ-H図である。

【符号の説明】

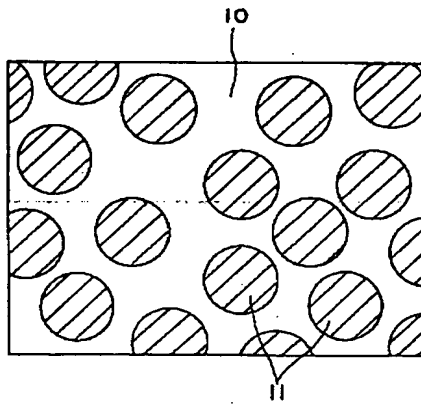
1	急冷薄帯製造装置
2	筒体
3	ノズル
4	コイル
5	冷却ロール
51	ロール基材
52	表面層
53	周面
6	溶湯
7	パドル
71	凝固界面
8	急冷薄帯
81	ロール面
9A	矢印
9B	矢印
10	ソフト磁性相
11	ハード磁性相

(12)

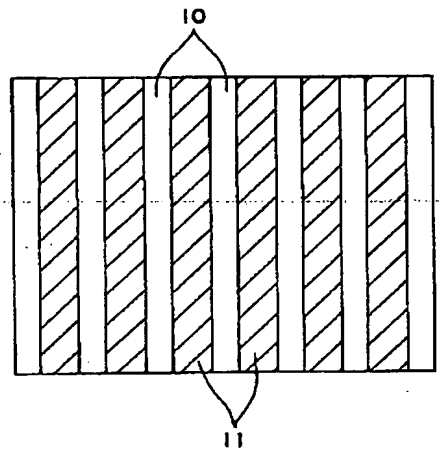
【図1】



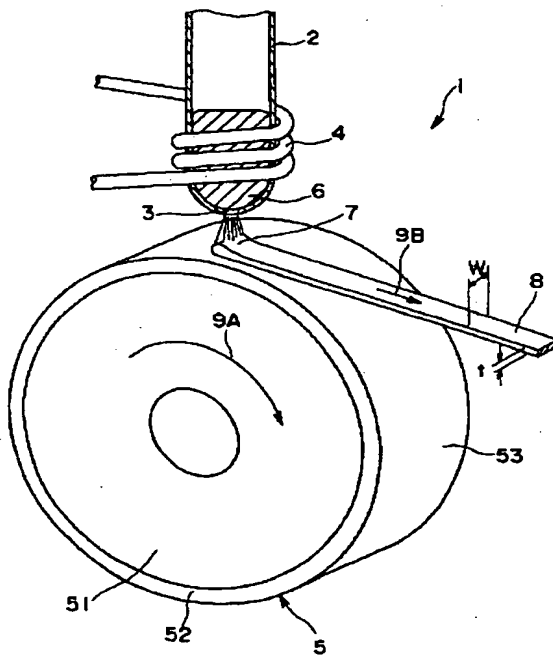
【図2】



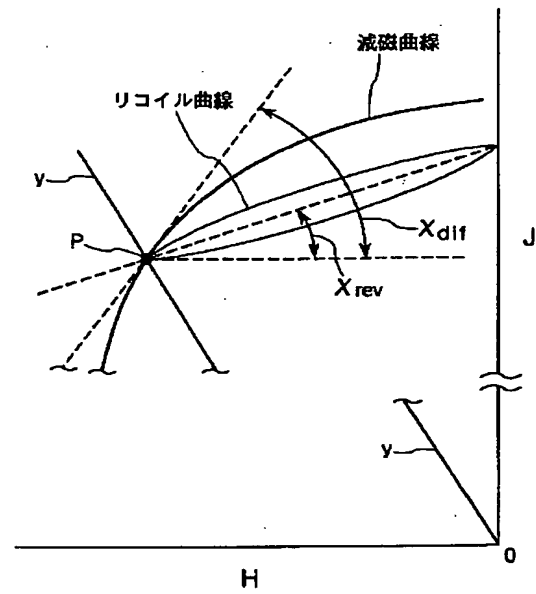
【図3】



【図4】

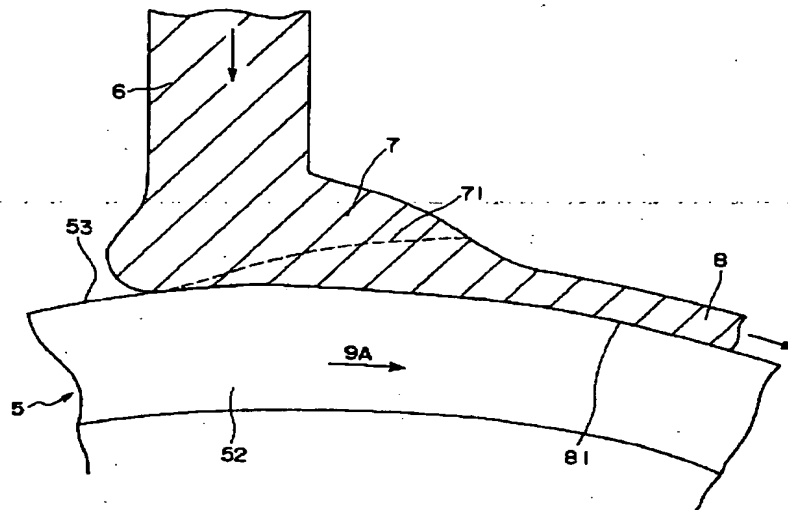


【図6】

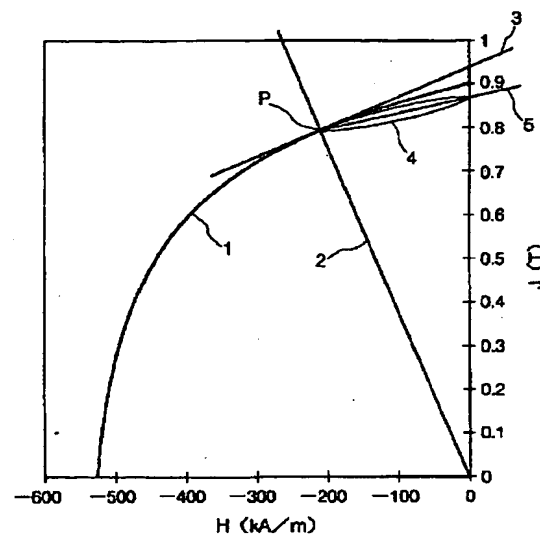


(13)

【図5】



【図7】



- No.1 : 減磁曲線  
 No.2 : (J/H)の傾きが $-3.8 \times 10^{-6}$ ヘンリー/mの直線  
 No.3 : 交点Pにおける接線  
 No.4 : リコイル曲線  
 No.5 : リコイル曲線の傾きを表す直線

フロントページの続き

Fターム(参考) 4K018 AA27 BA18 BB04 BB06 BC01  
 BD01 GA04 KA46  
 5E040 AA04 AA19 BB03 CA01 HB05  
 HB11 NN01 NN06 NN12 NN13  
 NN15